

スーダン民主共和国

燃料輸送網整備計画基本設計調査

報告書

昭和61年1月

国際協力事業団

無計

86-3

スーダン民主共和国

燃料輸送網整備計画基本設計調査

報告書

JICA LIBRARY



1029583103

昭和61年1月

国際協力事業団

| | |
|--------------------|------|
| 国際協力事業団 | |
| 受入 月日 '86. 3.27 | 415 |
| 登録No. 12541 | 66.8 |
| | GRS |

序 文

日本国政府は、スーダン民主共和国政府の要請に基づき、同国の燃料輸送網整備計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。

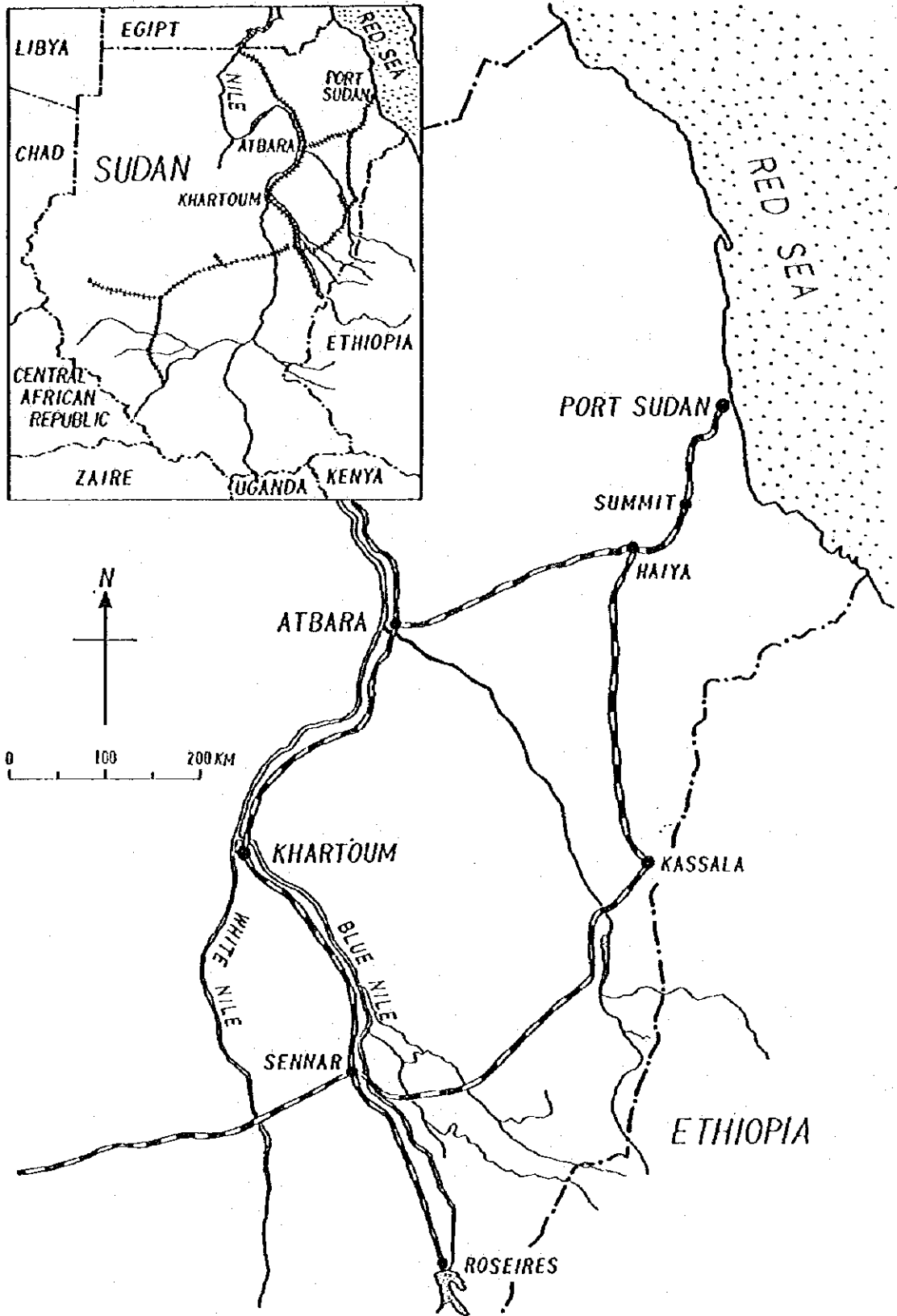
当事業団は、昭和60年9月26日より10月17日まで、日本国有鉄道外務部 山縣徹也氏を団長とする基本設計調査団を現地に派遣した。調査団は、スーダン民主共和国政府関係者と協議を行うとともに、プロジェクトサイト調査及び資料収集等の調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなった。

本報告書が、本プロジェクトの推進に寄与するとともに、スーダン民主共和国の燃料輸送力の増強に成果をもたらし、ひいては両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものである。

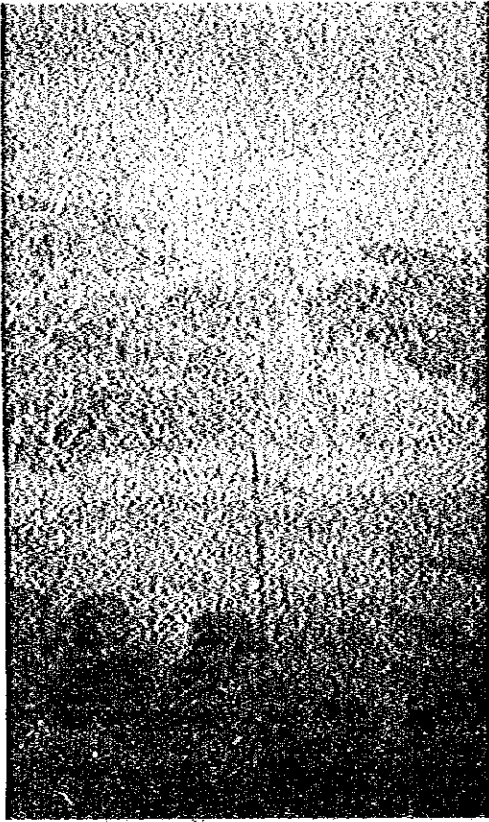
終りに、本件調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝の意を表すものである。

昭和61年 1 月

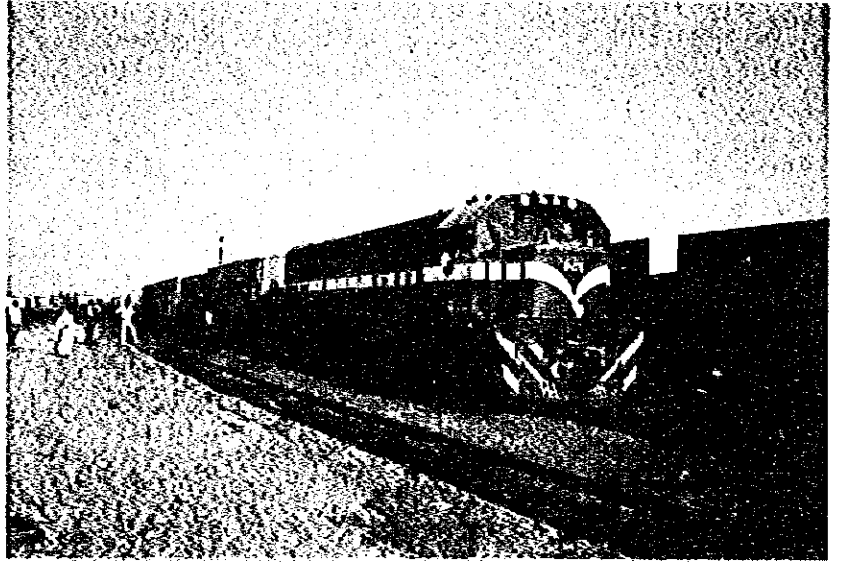
国際協力事業団
総裁 有田 圭 輔



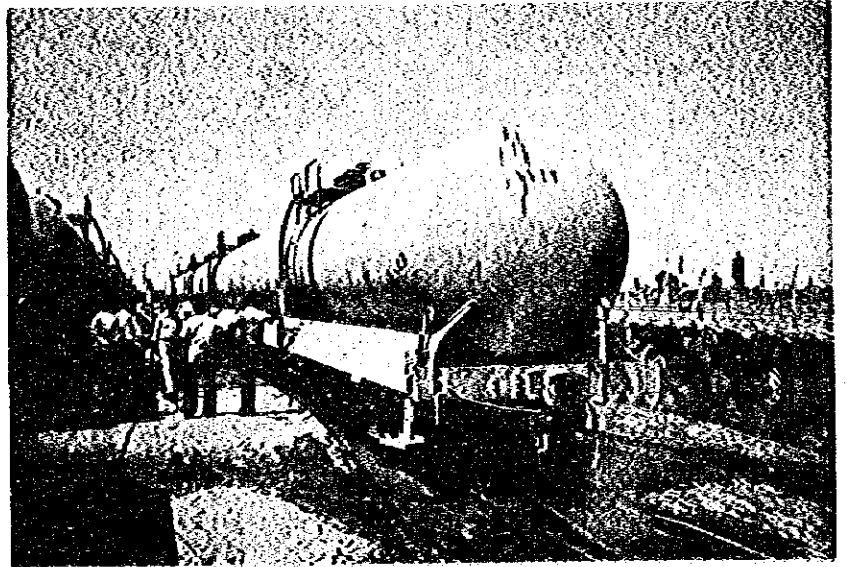
SUDAN RAILWAYS - ポートスーダン～カルツーム間



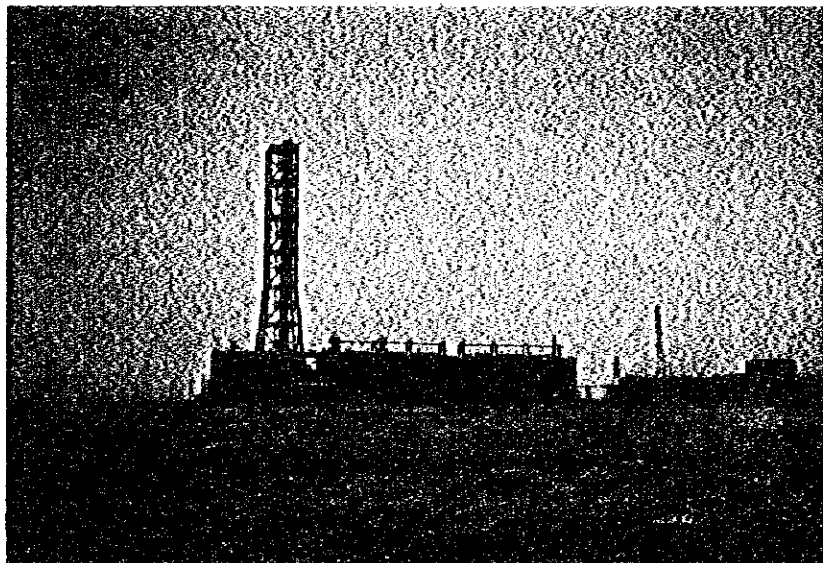
沙漠の中の鉄道
(Port Sudan ~ Summit間)



燃料輸送列車(混合列車)



タンク車



Khartoum North 発電所

略 語 表

| | | |
|-------|----------|--|
| S R C | スーダン国鉄 | (Sudan Railways Corporation) |
| N E C | 電力公社 | (National Electricity Corporation) |
| G P C | 石油公社 | (General Petroleum Corporation) |
| S T C | スーダン通信公社 | (Sudan Telecommunications Corporation) |

英国報告書

The Democratic Republic of the Sudan
National Electricity Corporation
" Fuel Transportation Study "
Final Report June 1984
SIR ALEXANDER GIBB & PARTNERS MERZ AND McLELLAN

要 約

要 約

スーダン民主共和国では、農業の振興、工業の開発、運輸通信の基礎設備の更新、教育の充実、電力の増強などについて、中長期の国家プロジェクトを作成し、それらの推進に努力しているが、電力増強計画はこれらのプロジェクトの中の主要テーマの一つである。

カルツーム及びブルーナイル川沿い地区（ブルーナイル地区）に供給される電力は、主として水力発電によっているが、乾季における水量不足と今後の電力需要の増加に対応するため、1983年火力発電の強化も含めた発電計画 Power III プロジェクトを策定、実施し、1985年6月までにほぼ完了した。更に引き続き Power IV プロジェクトを立案し、現在これを実施すべく努力中である。

しかしながら、その計画を遂行するには火力発電に必要な燃料輸送の能力不足が大きな課題となっており、これが解決しないと発電計画を実現させることができず、このためスーダン国政府はポートスーダン、カルツーム間の燃料輸送網整備計画を立案した。

同計画に沿って、フランスの援助により40両の燃料輸送用タンク車が供与され、また自助努力によって既存タンク車40両の改造も行われている。更に60両のタンク車について、フランスの援助によりこれを確保すべく現在交渉中である。しかしながら、それらのタンク車をけん引する機関車については、必要両数の確保の目途は全くたっていない。

この現状にかんがみ、同国政府は、燃料輸送のための機関車の供与及びその運行に必要な通信機材の供与に関し、我が国の無償資金協力を要請してきた。

この要請を受けて、日本国政府は、この燃料輸送網整備計画に対する基本設計調査を行うことを決定し、国際協力事業団が、1985年9月26日より同年10月17日まで同国へ基本設計調査団を派遣し、同国政府関係者と協議を行うとともに、必要な現地調査、資料収集及びその国内における解析を行った。その調査結果及び本計画の概要は、以下のとおりである。

- (1) スーダン国政府は、燃料輸送網整備計画の目標年次を1987/88年度に設定しているが、車両調達可能な実施工程を考慮して今回の調査では、目標年度を1988/89年度とした。
- (2) 1988/89年度の電力需要の予測を行うと、その値は約1880GWHとなり、1984/85年度実績の1.5倍となる。この値はスーダン側が当初予測した1987/88年度の予測値（1974GWH）より5%小さい。
- (3) 火力発電用燃料消費予測量は水力発電との関係から水力事情の悪い時で258キロトン、平年並の時で198キロトンとなる。ただし、1987/88年度末に完成計画のRoseires水力発電所（No.7）が完成しない場合には、同燃料消費量は20～30%増加する。
- (4) 燃料輸送量は、輸送日数を年間295日とすると、1日当り最低900tの能力が必要である。これは35tタンク車26両分に相当する。
- (5) 輸送方式には、機関車の使用方法によりいくつか考えられるが、スーダンの輸送環境諸条件の現状から判断すれば、機関車の重連によるけん引方式が最適と考えられる。

- (6) 車両の必要両数は、予備を含めて、本線用ディーゼル機関車10両、タンク車130両、その他交代乗務員控車(Manama)、緩急車(Brake Van)、人換用機関車などである。
 - (7) 今回必要と認められるディーゼル機関車は、現地調査時に入手が確定していると考えられたタンク車80両に対応する機関車6両とした。予備を含めた不足分については、サイクル時間短縮による効率向上、既存設備の有効利用、他の方法による入手などを計画する必要がある。
 - (8) 通信機材については、車上無線は現有のものと同型の機器を供与機関車に搭載する必要がある。ただし、市内、都市間の関係機関を連絡する設備については、緊急性に乏しいと判断されるので供与しないものとする。
 - (9) 本件に必要な上記(7)及び(8)の所要資金は約21.5億円で、その実施のための期間は、E/Nより約22ヶ月を見込む必要がある。
 - (10) 本計画による燃料輸送は、発電能力の向上、安定化に対して必要不可欠であり、経済比較の面でもタンクローリによる輸送よりはるかに低い輸送コストを達成できる。また、スーダン国鉄にとっても、多大な輸送量増となり、経営改善への寄与が大きいと考えられる。
- 本計画の遂行に当たって、スーダン国関係機関への提言は以下のとおりである。

スーダン国政府に対して

- 1) 燃料輸送に関する燃料の確保、積込み・荷下し作業、列車運転の正確さの確保、設備の増設・運用・保守に対する各機関の責任を明確にして、それぞれの実行内容を常に把握し、その適正実施方を指導すること。

電力会社(NEC)に対して

- 1) 現在計画中の荷役設備の改善(構内軌道改良、加熱装置取付、貯蔵タンク増設)を完成させること。
- 2) 専用人換機関車を確保すること。
- 3) 各石油会社の燃料積込み設備能力も考慮して、効率的な積込みを行い、積込み時間の大巾な短縮を図ること。

スーダン国鉄(SRC)に対して

- 1) ディーゼル機関車の運用計画を確立・実行し、その保守も計画的に確実に行うこと。
- 2) 車両保守に必要な予備品等の経費を計画的に確保し、また職員の技術力向上に努め、適正な点検、保守を行うこと。
- 3) 人換機関車についてはNECと協議し、燃料の積込み、荷下しを効率的に行うことが出来るよう配慮すること。
- 4) 列車ダイヤを見直し、表定速度を向上せしめること。特に、タンク車の途中駅での検査の必要性を見直すとともに、途中駅での停車時間の大巾な短縮に努めること。

目 次

| | |
|-------------------------|----|
| 第1章 緒 論 | 1 |
| 第2章 計画の背景 | |
| 2-1 スーダン民主共和国の概要 | 2 |
| 2-2 電力事情の概要 | 4 |
| 2-3 発電増強の実績と今後の計画 | 6 |
| 2-4 スーダン国鉄の現状 | 8 |
| 2-5 ターミナル設備の現状 | 18 |
| 2-6 燃料輸送の現状 | 22 |
| 2-7 要請の経緯と内容 | 23 |
| 第3章 計画の内容 | |
| 3-1 スーダン側の計画の内容 | 24 |
| 1) 発電計画と燃料消費量 | 24 |
| 2) 輸 送 計 画 | 25 |
| 3) 設 備 計 画 | 27 |
| 3-2 要請内容の検討結果 | 30 |
| 1) ディーゼル機関車 | 30 |
| 2) 通 信 設 備 | 30 |
| 3-3 計画の概要 | 31 |
| 1) 電 力 需 要 | 31 |
| 2) 燃料消費量と輸送量 | 35 |
| 3) 燃料輸送計画 | 39 |
| 4) 燃料輸送設備 | 47 |
| 5) 実施運営機関 | 48 |
| 6) 管理計画・人的配置 | 48 |
| 第4章 基本設計 | |
| 4-1 設計の方針 | 50 |
| 4-2 設計の条件 | 51 |
| 4-3 設計の仕様 | 52 |

| | | |
|------------------|------------------------|-----------|
| 4-4 | 実施計画 | 55 |
| 1) | 工事区分 | 55 |
| 2) | 実施スケジュール | 55 |
| 4-5 | 維持管理上の課題 | 57 |
| 4-6 | 事業費の概要 | 58 |
| | | |
| 第5章 事業評価 | | |
| 5-1 | NECに及ぼす効果 | 59 |
| 5-2 | SRCに及ぼす効果 | 59 |
| 5-3 | 輸送コスト | 60 |
| 5-4 | 自動車輸送との比較 | 63 |
| | | |
| 第6章 結論と提言 | | 65 |
| | | |
| 付 属 資 料 | | |
| 1. | 調査団構成 | 67 |
| 2. | 現地調査日程 | 68 |
| 3. | Minutes of Discussions | 69 |
| 4. | 人手資料リスト | 73 |
| 5. | 面談者リスト | 74 |

第 1 章 緒 論

第1章 緒論

スーダン民主共和国の首都カルツーム地区で使用される電力は主として水力発電によっているが、乾季における水量不足による水力発電の不安定と今後の電力需要の増加に対応するため、スーダン国政府は火力発電の強化を含めた Power III プロジェクトを実施し、更に Power IV プロジェクトを立案して、現在それを実施すべく努力中である。

しかしながら、これらのプロジェクトの推進に当り、火力発電に必要な燃料輸送の能力不足が大きな課題となり、これを解決すべく同国政府はポートスーダン、カルツーム間の燃料輸送網整備計画を立案した。

同計画に沿って、スーダン国政府は日本国政府へ燃料輸送に必要なディーゼル機関車と通信機材の無償供与を要請した。

この要請を受けて、日本国政府は、燃料輸送網整備計画に対する基本設計調査を行なうことを決定し、国際協力事業団が、日本国有鉄道外務部山縣徹也氏を団長とする、基本設計調査団を1985年9月26日より同年10月17日迄スーダン国へ派遣した。

同調査団はスーダン国政府（計画省*）、電力公社（NEC）、スーダン国鉄（SRC）等との協議資料収集並びに現地調査を実施した。その内容は以下のとおりである。

- (1) 発電状況と将来の需要予測
- (2) 発電増強実績と今後の計画
- (3) SRCの体制と車両、軌道、信号・通信の現状
- (4) SRCの機関区、工場の現状と保守状況
- (5) 燃料の積込み、荷下し設備状況
- (6) 要請のあったディーゼル機関車、通信設備の内容

調査団は1985年10月14日カルツームにおいて、スーダン国関係者と調査結果に対する双方確認事項について協議議事録 (Minutes of Discussions) を取り交した。

なお、協議議事録、調査団構成、調査日程等は本報告書付属資料（1～5）のとおりである。

* Ministry of Finance and Economic Planning

第 2 章 計画の背景

第2章 計画の背景

2-1 スーダン民主共和国の概要

スーダンは、アフリカ北東部の赤道と北回帰線の間位置し、アフリカで最大の面積(約250万Km²、日本の約7倍)を有する国である。国の北東部は紅海に面し、北はエジプト、リビア、西はチャド、中央アフリカ、南はケニヤ、ウガンダ、ザール、東はエチオピアの、8ヶ国に接している。

地形は、紅海側の紅海丘陵を除けば、海拔300~500mの平坦な台地で、北部はヌビア砂漠、中央部は灌漑農耕地と草原、南部は白ナイルの蛇行による広大な沼沢地と熱帯森林となっている。

河川は、ウガンダのビクトリア湖に端を発して北流する白ナイルと、エチオピアのタナ湖から始まる青ナイルとが、国のほぼ中央にある首都のカルツームで合流し、ナイル川となって蛇行しながらエジプトに流れている。他に、アトバラ、ソバット等の支流がある。

気候は、北部の砂漠から南部の熱帯へと変化が大きい。気温は年間を通じ、全般的に高く、最高気温は北部で52.2℃、首都で47.7℃、南部で42.5℃、最低気温は北部で16℃、南部で29℃が記録されている。雨季も地域により異なり、北部が6~9月、南部が4~11月であり年間降雨量は北部の25mmに対し、南部は1,400mmである。

首都カルツームでは、11~3月は冬季で平均気温25℃程度で、1年で最も過しやすい時期である。4~5月は平均気温は36℃になり、夜間でも気温が高い。6~8月は雨季で高温多湿となり、雨と砂嵐(habubs)がある。砂嵐により、時には自動車が行けなくなり、砂埃が室内に数センチも積ることがある。9~10月は、セカンドサマーと呼ばれ、風雨もなく暑い。

表 2.1 カルツームの月別気温

| 月別 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 気温 ℃ | 最高 | 31.7 | 33.2 | 37.0 | 40.1 | 41.9 | 41.6 | 38.1 | 36.2 | 38.4 | 39.3 | 35.8 | 32.3 |
| | 最低 | 16.5 | 16.7 | 19.9 | 23.0 | 26.3 | 27.1 | 25.7 | 24.8 | 25.6 | 25.2 | 21.2 | 16.9 |
| 降雨量mm | | - | - | - | - | 5.0 | 5.0 | 55.0 | 72.0 | 25.0 | 5.0 | - | - |

スーダンは多民族よりなる国で、1956年に独立し共和国となった。その後1969年に民主共和国に改称している。1985年4月の政変により、同年10月現在暫定政府である。

地方行政は18州に分割され、州はさらに地方区に分けられ、各州及び地方区にそれぞれ行政府と審議会があり、中央政府の任命する州知事及び地方区長官がそれぞれの審議会を主宰している。

1983年版のスーダン年報によれば、1982年の人口は1,930万人(日本の約1/4)であり、その増加率は年2.8%である。全体では、独立当時に比べ、約90%の増加であるが、地域別に見

ると南部の23%の増加に対し、カルツーム地区は当時の5倍強の増加になっている。

スーダンは、労働人口の78%が農業に従事している農業国である。その主な生産物は、綿花、落花生、デュラ（穀物）、アラビアゴム、ゴマであり、これらが輸出額の70%（1981/82年度）を占めている。輸出を時系列でみると、デュラ、アラビアゴム、ゴマが順調に伸びている反面綿花は市場価格の下落により年々減少し、1981/82年度の綿花輸出額は1977/78年度に対し半分となっている。

一方、石油、工業製品、化学製品、機械製品、砂糖、小麦などを輸入しており、その額は増加傾向にある。特に石油の輸入費は激増し、1981/82年度は1977/78年度の4倍となっている。

そのため、貿易収支は、赤字でその額は年々増加している。

国民1人当りの国民総生産（GNP）は、US\$ 380（1981/82年度）程度である。

2-2 電力事情の概要

スーダンの人口1人当りの年間発電量及び発電能力を他の開発途上国と比較すると、表2.2の“開発途上国における1982年の電力発電状況”のとおり、スーダンはアフリカの中でも低く、日本に対し年間発電量で1/100、発電能力で1/80程度である。

表 2.2 開発途上国の電力発電状況(1982年)

| 国名 | 人口 (万人) | 年間発電量 (GWH) | 発電能力 (MW) | 国民1人当りの 年間発電量 (KWH/人) | 国民1人当りの 発電能力 (W/人) |
|--------|------------|----------------|--------------|-----------------------------|--------------------------|
| スーダン | 1,945 | 1,010 | 313 | 52 | 16 |
| エジプト | 4,467 | 17,720 | 3,782 | 397 | 85 |
| エチオピア | 3,278 | 679 | 319 | 21 | 10 |
| ケニア | 1,786 | 1,806 | 556 | 101 | 31 |
| ザール | 2,638 | 4,412 | 1,716 | 167 | 65 |
| ナイジェリア | 8,239 | 7,500 | 2,770 | 91 | 34 |
| ガーナ | 1,224 | 4,981 | 1,060 | 407 | 87 |
| モロッコ | 2,167 | 6,057 | 1,593 | 280 | 74 |
| アルジェリア | 2,029 | 7,180 | 2,006 | 354 | 99 |
| チュニジア | 667 | 3,088 | 929 | 463 | 139 |
| リビア | 322 | 6,000 | 1,180 | 1,863 | 366 |
| イラン | 4,024 | 17,500 | 5,300 | 433 | 131 |
| インドネシア | 15,303 | 7,365 | 2,860 | 48 | 19 |
| フィリピン | 5,074 | 19,406 | 5,003 | 382 | 99 |
| タイ | 4,849 | 17,220 | 4,935 | 352 | 101 |

(参考)

| | | | | | |
|------|--------|-----------|---------|--------|-------|
| 日本 | 11,869 | 618,100 | 159,232 | 5,208 | 1,342 |
| アメリカ | 23,206 | 2,367,637 | 674,947 | 10,203 | 2,885 |
| イギリス | 5,578 | 232,162 | 69,191 | 4,162 | 1,240 |
| フランス | 5,422 | 281,589 | 83,958 | 5,193 | 1,548 |

- (注) 1. 年間発電量、発電能力は、海外電気事業統計1985年(海外電力調査会)による。
 2. 人口は国連推計による。
 3. 年間発電量は、電力事業者と自家発電によるものの合計である。

スーダンの全人口の60%は、中央部の青ナイル、白ナイル周辺に集中している。この中央部には、豊かなナイルの水で灌漑した農耕地が発達している。首都カルツームには、中央政府機関を始め国内の会社等の本社事務所が集中している。

この地区の電力は、灌漑用水と同様にナイルによる水力発電が中心となっている。河川の年間水量は、青ナイル59%、白ナイル27%、アトベラ等14%であるが、白ナイルは緩慢な流れであり、アトベラは雨季の6～10月以外の時期は干上ってしまう。そのため、水力発電には水量の多い青ナイルが利用されている。

水力発電は、その大部分を青ナイル川上流のRoseiresダムで行っている。電力需要の高い夏と、この川の源流付近の雨季が一致しているため、水力発電にとっては本来好条件であるが何雨季における上流からの土石によりタービン入口が妨がれてしまい発電量が半減することがしばしばある。

他方、電力需要は年々増加し、火力を含めた既存設備での発電能力を越えている現状にある。灌漑の給水ポンプが止まり、サトウキビ畑が干上り、砂糖工場が立往生し、工程途中の停電による被害を恐れて初めから操業しない皮革工場などが出ている、という報告もあるほど電力不足は深刻な問題となっている。

このような電力不足を克服するため、NECは1982年以降PowerⅡ、PowerⅢ、及びPowerⅣの計画を立て、1985年10月現在、PowerⅢまでの計画をほぼ完了させた。目下PowerⅣ計画を立案し、一部実施を進めている。

それらの計画概要は、表2.3のとおりである。

表 2.3 電力増強計画

| プロジェクト | 内 容 |
|--------|--|
| PowerⅡ | Roseiresに40MWの水力発電設備新設 Burri発電所のリハビリ |
| PowerⅢ | Roseires、Burri、Khartoum North に合計180MWの増強 |
| PowerⅣ | ブルーナイル地区へ、火力を中心に275MW 増強(完了目途1989年) |

2-3 発電増強の実績と今後の計画

青ナイル地区における発電増強計画として、これまで Power III プロジェクトが実施されたが、これは表 2.4 に示す内容のもので、1984/85 年度では完了している。

表 2.4 Power III プロジェクト実施実績

| 完成時期 | 内 容 | 発電容量 |
|---------|--------------------------------|-------|
| 1983/84 | 7月 Roseires (水力) | 40 MW |
| | 11月 Burri III Set 1 | 10 MW |
| | 2月 Burri III Set 2 | 10 MW |
| | 4月 Burri III Set 3 | 10 MW |
| | 6月 Roseires (水力) (Damazine) | 40 MW |
| 1984/85 | 8月 Burri III Set 4 | 10 MW |
| | 1月 Khartoum North Set 2 | 30 MW |
| | 4月 Khartoum North Set 1 | 30 MW |

さらに今後の電力需要の伸びに対応するため、Power IV プロジェクトを計画しており、その内容は表 2.5 のようになっている。

表 2.5 今後の発電増強計画 (Power IV プロジェクト)

| 場 所 | 内 容 | 容 量 | 完成時期 |
|--------------------|---------------|------------|--------|
| (1) Khartoum North | Gas Turbine | 20MW×2 | 1986.6 |
| (2) Burri | Diesel | 10MW×2 | 1988.2 |
| (3) Roseires | Hydro (No.7) | 40MW | 1988.6 |
| (4) Khartoum North | Steam Turbine | 30 or 60MW | 1989.3 |
| (5) " | " | " | 1989.6 |
| (6) Sennar | Hydro | 15MW×2 | 1990.6 |
| (7) Khartoum North | Steam Turbine | 30 or 60MW | 1991.3 |
| (8) " | " | " | 1991.6 |

上記のうち、(1)については現在建設中、(2)については入札中である。

これらの発電増強計画に対して、1988/89年度迄の発電能力を算定すると表2.6のようになる。

表 2.6 発電能力(年間)

| 年 度 | 水 力(平年並) | | 火 力 | | 発電量能力 合 計 (GWH) |
|---------|-----------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| | 発 電 能 力 (MW) | 発電量能力 (GWH) | 発 電 能 力 (MW) | 発電量能力 (GWH) | |
| 1984/85 | 225 | 1,102 | 30 | 162 | 1,264 |
| 1985/86 | " | " | 100 | 540 | 1,642 |
| 1986/87 | " | " | " | " | 1,642 |
| 1987/88 | " | " | 140 | 756 | 1,858 |
| 1988/89 | (225) 265 | (1,102) 1,293 | 160 | 864 | (1,966) 2,157 |

※ ()はRoseires No7=40MWの水力発電設備(資金未定)が完成しない場合

この表で火力発電能力としては、PowerIIIプロジェクト以降の新設備のみを挙げており、この他に165MW(Burri発電所)の旧設備がある。

2-4 スーダン国鉄の現状

スーダン国鉄は、アフリカの中でもその歴史は古く、創業は1875年である。創業当時の営業線区は、ナイルの下流、エジプト国境付近のワディハルファ〜セラス間であった。その後、鉄道建設は南進し、1928年頃には現在の主要幹線の大部分が完成している。

1) 輸送量と営業収支

輸送量は表2.7のとおり漸減傾向が見られ、特に1983/84年度については旅客・貨物とも対前年の70%となっている。この原因は需要減というより、主に稼働可能な機関車不足による輸送能力減にあると思われる。

表2.7 輸送量

| 年 度 | 旅 客 | | 貨 物 | |
|---------|-------------|-----------------|---------------|------------------|
| | 輸送人員 (人) | 人 キ ロ (千人km) | 輸送トン数 (トン) | トン キ ロ (千人km) |
| 1979/80 | 2,310,293 | 1,061,058 | 2,135,743 | 2,003,207 |
| 1980/81 | 2,041,017 | 1,169,580 | 1,720,400 | 1,594,306 |
| 1981/82 | 2,675,016 | 1,148,646 | 1,690,874 | 1,608,389 |
| 1982/83 | 2,212,941 | 1,031,025 | 1,353,842 | 1,215,183 |
| 1983/84 | 1,524,380 | 729,899 | 895,292 | 836,000 |

表2.8のとおり、営業収支はほとんど毎年赤字であり、運賃改訂した1981/82年度は黒字になったが、翌年は又赤字に変わった。

表2.8 営業収支

| 年度 | | 1979/80 | 80/81 | 81/82 | 82/83 |
|----|-----|---------|-------|-------|-------|
| 項目 | | (万LS) | (万LS) | (万LS) | (万LS) |
| 収入 | 旅 客 | 1,014 | 962 | 1,319 | 1,783 |
| | 貨 物 | 4,270 | 4,645 | 7,363 | 6,582 |
| | その他 | 19 | 18 | 19 | 13 |
| | 合 計 | 5,303 | 5,625 | 8,701 | 8,378 |
| 支出 | 人件費 | 3,602 | 4,459 | 4,764 | 5,091 |
| | 燃 料 | 552 | 564 | 809 | 913 |
| | その他 | 1,412 | 1,407 | 1,726 | 2,413 |
| | 合 計 | 5,566 | 6,430 | 7,299 | 8,417 |

2) 組織と要員

組織は図 2.1、要員は表 2.9 のとおりである。

国鉄本社はアトバラにあり、地方には 5 つの地方機関がある。

図 2.1 スーダン国鉄組織図

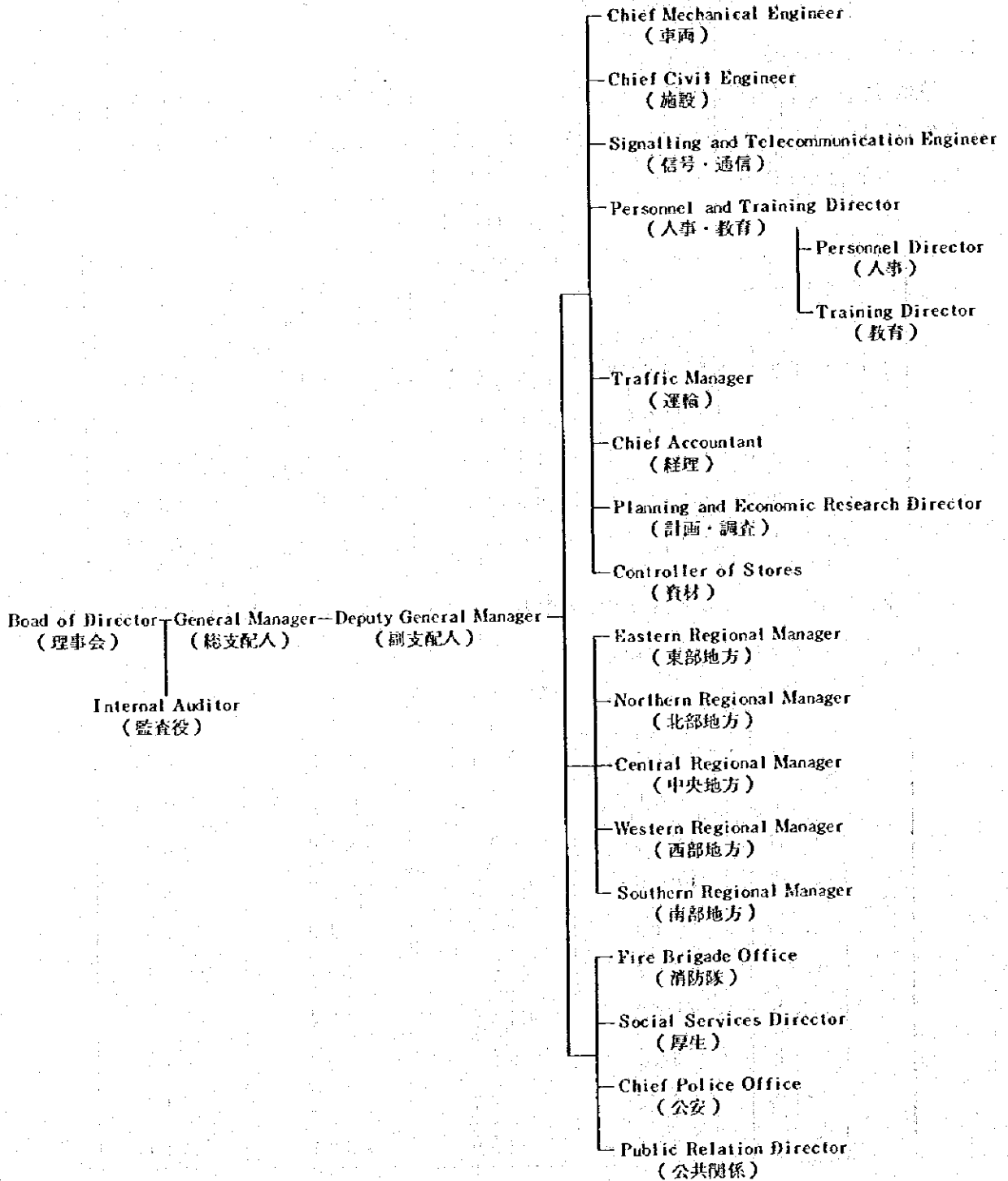


表 2.9 要 員

| 部 門 | 職 員 数 (人) |
|---------|------------|
| 本 社 | 8 1 6 |
| 機 械・電 気 | 1 1, 4 5 5 |
| 施 設 | 8, 2 3 1 |
| 運 輸 | 7, 2 2 6 |
| 資 材 | 1, 0 4 7 |
| 公 安 | 2, 0 0 3 |
| 経 理 | 9 2 9 |
| 総 計 | 3 1, 7 0 7 |

3) 線 路

線区別路線長及び使用レールは表 2.10 のとおりである。

表 2.10 線区別路線長と使用レール

| 区 間 | 区 間 長 (km) | 使用レート (lb/yd) |
|-------------------------|------------|---------------|
| Port Sudan ~ Atbara | 4 7 5 | 9 0 |
| Atbara ~ Khartoum | 3 1 3 | 9 0 |
| Haiya ~ Kassala | 3 4 7 | 7 5 |
| Kassala ~ Sennar | 4 5 5 | 7 5 |
| Khartoum ~ El Obeid | 6 8 9 | 7 5 |
| Er Rahad ~ Babanusa | 3 6 3 | 7 5 |
| Atbara ~ St. No. 10 | 2 7 0 | 7 5 |
| St. No. 10 ~ Wadi Halfa | 3 4 1 | 5 0 |
| St. No. 10 ~ Karima | 2 2 2 | 5 0 |
| Babanusa ~ Nyala | 3 3 5 | 5 0 |
| Babanusa ~ Wau | 4 4 4 | 5 0 |
| Sennar ~ Ed Damazin | 2 2 7 | 5 0 |
| 合 計 | 4, 4 8 1 | |

線路は 90 lb/yd (45 kg/m) レール使用線区が 18%、75 lb/yd (37 kg/m) レール使用の線区が 47% で、50 lb/yd (25 kg/m) レール使用の線区が 35% となっている。今回の燃料輸送を行なうポートスーダン～アトバラ～カルツーム間(約 800 km) は最も重要な幹線であり、レールもすべて 90 lb/yd (45 kg/m) のものに強化されている。

迂回路として考えられるハイヤ～カッサラ～カルツーム間は 75 lb/yd レールを使用してい

るので、燃料輸送関係の車両の許容軸重は16.5tである。

道床はほとんどバラストが使われておらず、軌道整備状態も良好とは言えないので、列車の最高速度は60km/h程度に抑えられている。

4) 車 両

保有車両数は表2.11、形式別機関車数及び稼働状況は表2.12のとおりである。

表2.11 保有車両数

| 車 種 | 用 途 | 両 数 |
|------------------|-------|-------|
| 蒸気機関車 (SL) | 本 線 | 89 |
| | 入 換 | 10 |
| ディーゼル機関車 (DL) | 本 線 | 169 |
| | 入 換 | 76 |
| 客 車 | 一 般 | 491 |
| | 職 員 用 | 606 |
| 貨 車 | 一 般 | 5,613 |
| | タンク車 | 746 |

表2.12 形式別機関車数及び稼働状況

| 車種 | 形 式 途 | 両 数 | 稼働開始年 | 稼働両数 | 休止両数 | 記 事 |
|----|-------|-----|---------|------|------|-------------|
| SL | 本 線 | 89 | — | 6 | 71 | 使用不能12 |
| | 入 換 | 10 | — | — | — | |
| DL | 1000 | 62 | 1960~69 | 9 | 42 | 廃車3, その他8 |
| | 1500 | 20 | 1969 | 0 | 17 | 他に事故の為使用不能3 |
| | 1600 | 10 | 1982 | 4 | 4 | その 他 2 |
| | 1700 | 10 | 1975~81 | 6 | 2 | その 他 2 |
| | 1800 | 30 | 1976 | 15 | 3 | その 他12 |
| | 1850 | 10 | 1985 | 7 | 2 | その 他 1 |
| | 1900 | 20 | 1975 | 3 | 12 | その 他 5 |
| | 1950 | 10 | 1981~85 | 4 | 0 | その 他 6 |
| | (小 計) | 172 | | 48 | 82 | (42) |
| | 入 換 | 76 | — | 26 | 41 | 使用不能 9 |

本線用ディーゼル機関車は、砂埃と高温による悪い環境条件と保守部品の不足などが原因で稼働率が低く、1985年10月1日現在で稼働可能なものは28%の48両である。このうち1985年8月米国の援助で10両の新製車を入手したが、うち3両は圧縮機故障などで修理中

である。

使用可能な機関車は常に不足状態で、運用計画が立てられないため、機関車運用表も作成されておらず、その場しのぎの使用をしている状態である。

入換機関車についても稼働可能なものは約另の26両である。

5) 運 転

(1) 運行管理

運行管理は、表2.13に示す6ヶ所の指令所で行っている。

表 2.13. 指令所とその担当範囲

| 指 令 所 | 担 当 区 間 | |
|------------|------------|----------|
| | 駅 名(から) | 駅 名(まで) |
| Port Sudan | Port Sudan | Haiya |
| Atbara | Haiya | Atbara |
| | Atbara | Khartoum |
| Khartoum | Khartoum | Sennar |
| Sennar | Sennar | Gedare |
| Kassala | Gedare | Kassala |
| Kosti | Sennar | Kosti |
| | Kosti | El Obeid |

註) 他の区間については指令所はない。

(2) 列車ダイヤ

列車ダイヤとしては、カルツーム～ポートスーダン間には、1～2時間に1列車(片道)という標準ダイヤがあるが、実際の運行ダイヤは週間ダイヤで設定され、現実にはこれらの設定ダイヤの一部を使用して運行している。

1日当りの平均列車本数は、カルツーム～アトバラ間5往復、アトバラ～ポートスーダン間は3～4往復である。(1984/85年度実績)

(3) 機関区

機関区の所在地と受持線区は表 2.14 のとおりである。

表 2.14 機関区の受持線区

| 機 関 区 | 受 持 線 区 |
|-----------------|--|
| Atbara | Khartoum-Atbara-Port Sudan Atbara-Karima, Atbara-Wadi Halfa |
| Khartoum | Khartoum-Senner Junction |
| Kassala | Old Senner Junction-Haiya Junction, Haiya-Port Sudan |
| Senner Junction | Senner Junction-Ed Damazine |
| Kosti | Senner Junction-El Obeid |
| Babanusa | Babanusa-Er Rahad, Babanusa-Nyala, Babanusa-Wau |

(4) 運転状況

1984/85年度の運転状況は表 2.15 のとおりである。

表 2.15 運転状況 (1984/85年度)

単位：列車本数

| 運 転 状 況 | カ ル ツ ー ム | | ア ト バ ラ | |
|--------------|-----------|-------|----------|-------|
| | ～アトバラ | | ～ポートスーダン | |
| 定刻運転 (30分以内) | 1892 | 52.3% | 1334 | 50.9% |
| 延 着 | 1723 | 47.7 | 1287 | 49.1 |
| 30分以上 | 103 | 2.9 | 20 | 0.8 |
| 1時間以上 | 449 | 12.4 | 130 | 5.0 |
| 3時間以上 | 363 | 10.1 | 143 | 5.5 |
| 5時間以上 | 478 | 13.2 | 395 | 15.0 |
| 10時間以上 | 330 | 9.1 | 599 | 22.8 |

1984/85年度の運転状況では、カルツーム～ポートスーダン間で30分以上遅れの列車は約50%であり、そのうち30分以上5時間以内が20%、5時間以上が30%程度と長時間遅れの比率が高い。特にアトバラ～ポートスーダン間では、5時間以上の遅れが約40%と、30分～5時間の遅れ10%に対して極端に大きな比率となっている。

これは機関車が故障した場合、アトバラから救援機関車が出るが、受持線区が長く、しか

も線路条件の悪い勾配区間がポートスーダン側にあることから、長時間の遅れに結びつく事を証明している。

燃料輸送の信頼性確保のためには、機関車故障に対するバックアップ体制（重連けん引や救援機関車の配置場所の適正化）を考慮する事が重要である。

6) 車両保守

ディーゼル機関車の保守は、アトバラにある機関区、工場で行なっている。これらの機関区、工場とも建物、機械設備について必要なものは一応揃っており、職員も良く働いていた。

しかしながら、砂埃と高温という厳しい使用環境条件と、外貨不足のため、保守部品が十分購入出来ないなどの問題があり、故障機関車を十分修繕出来ず、稼働率が異常に低い。例えば、1969年に入手した日本製のディーゼル機関車20両はすべて故障中で、回復修繕の見通しが立っていないという状態である。今後、機関車を投入する場合、継続的な保守部品の補給と投入時の技術指導を考慮する必要がある。

7) 信号・通信設備

(1) 信号設備

SRCの主な信号設備は、表2.16のとおりである。

SRCは全線単線であり、運転保安方式は通票閉そく方式としている。転てつ機、信号機もごく単純なものを使用している。転てつ機は、駅構内の一部に発条転てつ機を使用しているほかはすべて手動のものである。

信号機は腕木式であり、連動機は機械式である。

表 2.16 主な信号設備

| 項目 | 設備 | 記事 |
|-------|---------|-----------|
| 閉そく装置 | 通票閉そく装置 | Key Token |
| 信号機 | 腕木式信号機 | |
| 連動装置 | 機械式連動装置 | |

(2) 通信設備

A) 通信伝送路

通信伝送路は、指令所間等の長距離には主として短波無線を使用し、指令所～各駅間及び隣接駅間等の短距離には架空裸線路を使用している。（表2.17参照）

表 2.17 通信伝送路の適用区分

| 適用区分 | 伝送媒体 | 記事 |
|------|-------------|-------------------|
| 長距離 | 短波無線及び架空裸線路 | 電信（モールス）と通話に使用 |
| 短距離 | 架空裸線路 | STCの財産で SRCは5条を借用 |

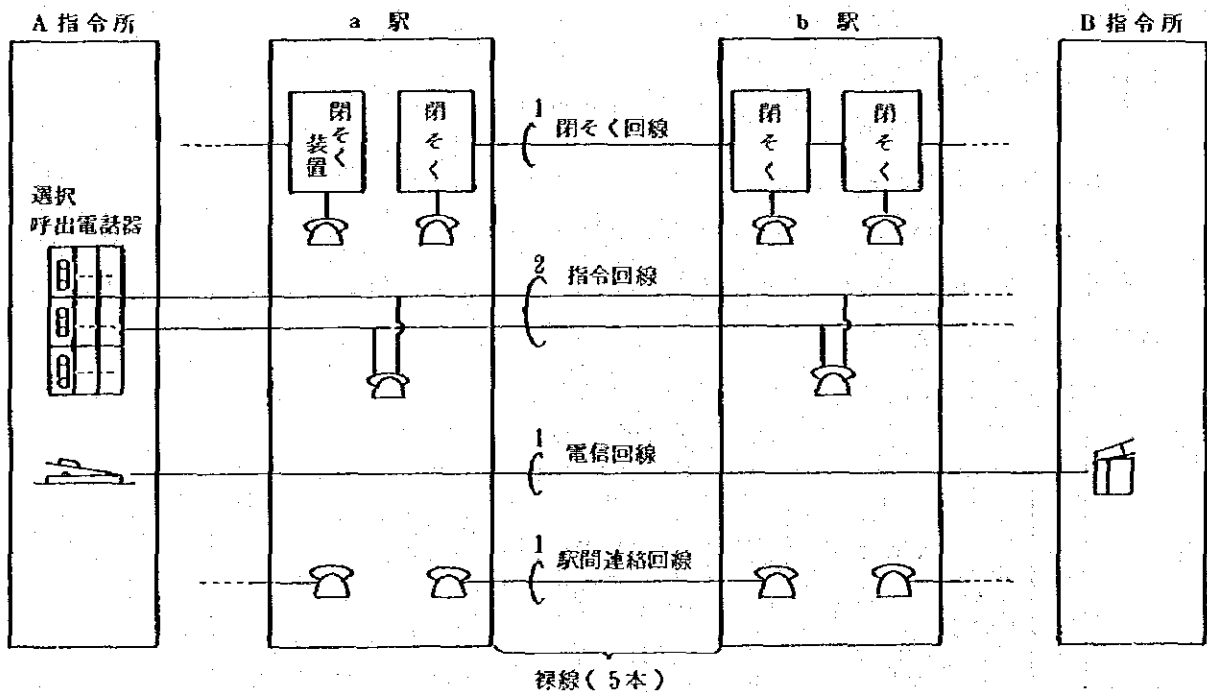
(注) STC：スーダン通信公社

カルツーム～ポートスーダン間には、カルツーム、アトバラ、ポートスーダンの3箇所に列車の運行を系統的に管理する指令所がある。指令所間の距離は長く、カルツーム～アトバラ間313 km、アトバラ～ポートスーダン間474 kmである。この指令所間の連絡には、短波無線とSTCから借用している架空裸線路を使用している。

架空裸線路は、短距離では閉そく回線、隣接駅間の連絡電話及び指令電話に使用されている。また長距離の指令所間の電信回線としても使用している。架空裸線は、回線側の原因によるトラブル(全国年間800～1,000件)が多く、回線の信頼度が低い。その保守は所有者であるSTCが担当しており、独自のマイクロ網を所有しているため、架空裸線の修理対応が遅く、50日間も不通になった事もある。

SRCがSTCより借用している架空送電線路の使用方法は図2.2のとおりである。

図2.2 架空裸線路の使用法



短波無線は、各指令所に1台ずつ備えられている。

また、短波の特性上、時間帯により到達距離が変化するため、10波を使い分けている。

短波無線の使用周波数は表2.18のとおりである。

表 2.18 SRCの既存短波無線の周波数(10波)

| 波 | 周波数(MHz) |
|----|----------|
| 1 | 4,570 |
| 2 | 4,770 |
| 3 | 5,073 |
| 4 | 5,220 |
| 5 | 6,780 |
| 6 | 9,086 |
| 7 | 9,790 |
| 8 | 9,914 |
| 9 | 10,153 |
| 10 | 11,011 |

B) 列車～最寄駅連絡用無線

連絡用無線は列車乗務員と最寄駅との連絡手段であり、現在それが設置されている線区はカルツーム～ポートスーダン間及びハイヤ～カッサラ間である。駅側の設備(固定局)は32駅(うち、カルツーム～ポートスーダン間24駅)にあり、その各駅には無線機を2台ずつ備え、うち1台を使用、他の1台は予備としている。また、固定局のアンテナは、高さ35～40mの鉄塔の30～35mの位置に取付けている。

この無線機の地上側の固定局設置箇所は、表2.19のとおりである。

列車側の設備(車上局)は、機関車の運転台に取付けられており、固定されている(携帯型ではない)。機関車の運転台は前後にあるため、無線機はその両方の運転台にそれぞれ1組ずつ取付けている。運転中は片方の無線機を使用し、他方は予備となっている。車上局の無線機は70台あり、無線機搭載機関車数は35両である。

このシステムは、走行中のエンジントラブルや事故時の連絡等に有効に使用されている。なお、現行システムはデンマーク(STORNO社)製である。

表 2.19 固定局設置箇所

ポートスーダン～カッサラ間

ハイヤ～カッサラ間

| 設置箇所 | 設置間隔 (km) | 設置箇所 | 設置間隔 (km) |
|-------------|--------------|-------------|--------------|
| Port Sudan | 29 | (Haiya Jn.) | 43 |
| Sallom | 37 | Imasa | 41 |
| Kamob Sanha | 39 | Tehella | 39 |
| Gebeit | 24 | Detai | 52 |
| Summit | 19 | Ungwatiri | 56 |
| Baramciyu | 20 | Amadam | 46 |
| Erheib | 35 | Mitatib | 37 |
| Haiya Jn. | 26 | Akala | 33 |
| Kas | 27 | Kassala | |
| Talquhari | 30 | | |
| Musmar | 25 | | |
| Sigadeit | 43 | | |
| Siyateb | 43 | | |
| Hadiga | 46 | | |
| Hudi | 31 | | |
| Atbara | 33 | | |
| Ezzcidab | 41 | | |
| Mahmiya | 30 | | |
| Kabushiya | 37 | | |
| Shendi | 40 | | |
| W. Ban Naga | 49 | | |
| J. Ouerrri | 36 | | |
| El Geili | 43 | | |
| Khartoum N. | | | |

C) その他の設備

SRCは表 2.20 に示す 4つの電話交換機を所有しており、その中継回線等はすべて STCの回線を使用している。

表 2.20 電話交換設備

| 回線容量 | 台数 | 設置箇所 |
|-------|----|----------------------------|
| 400回線 | 1 | Atbara |
| 50回線 | 3 | Port Sudan, Kassala, Kosti |

2-5 ターミナル設備の現状

1) 燃料積込み設備

燃料の積込みはポートスーダンにある石油会社で行なう。空車・積車の入換は、石油会社近くのNew South Stationで行ない、積込みが終了すると列車としてTown Stationへ回送し、ここで交代乗務員用控車(Manama)、緩急車(Brake Van)を連結して出発準備が完了する。(図2.3参照)

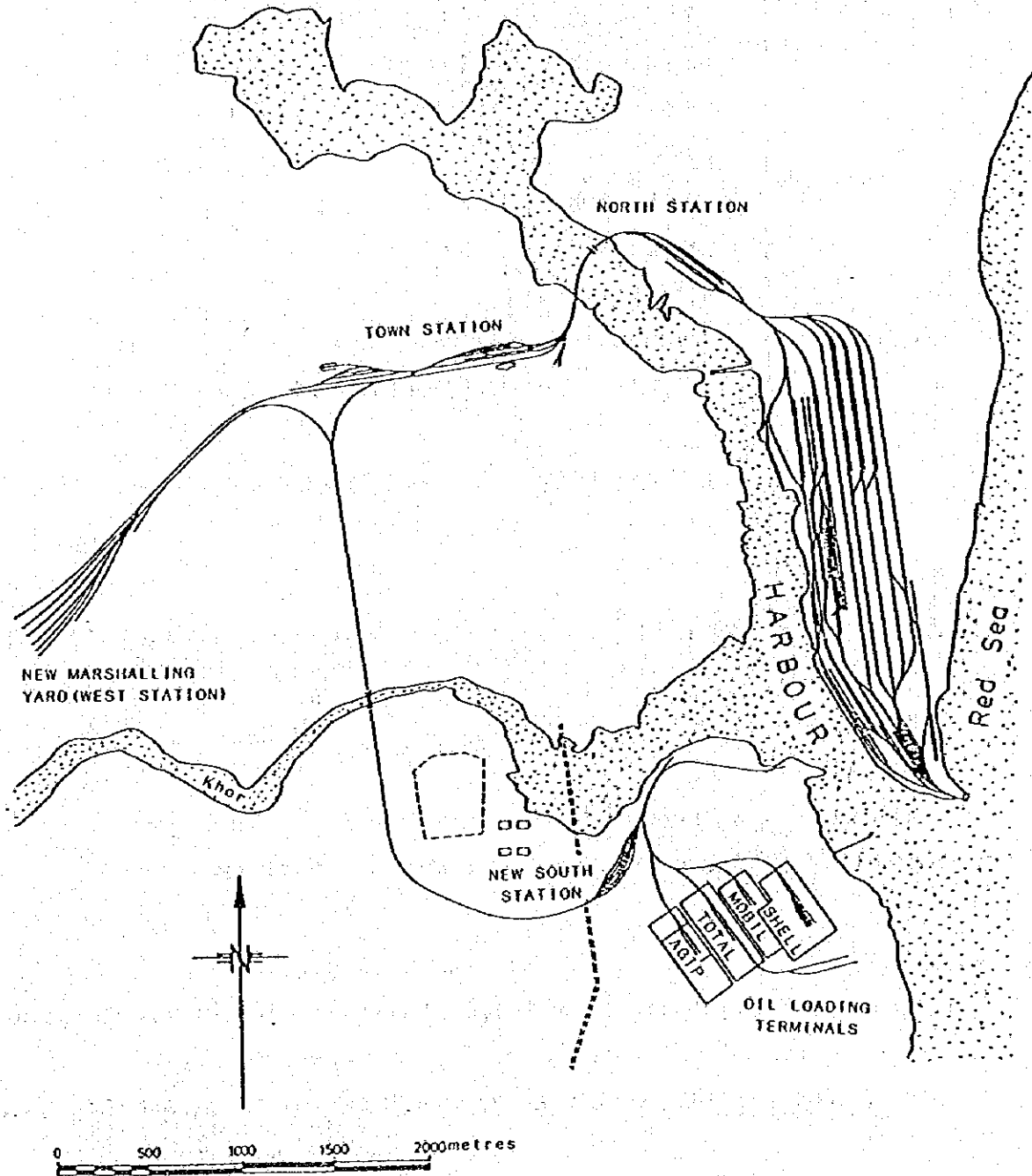


図2.3 ポートスーダンのターミナル

New South Stationは現在326~535 mの線路が5線あり、さらに5線増設を計画している。線路は75 lb/ydレールを使用しているので許容軸重は16.5 tである。

NECの使用燃料の7割を供給しているAGIP(石油会社)の燃料積込み設備を調査した結果は以下のとおりである。

| | | | |
|-----------|--|---------|-------|
| ○出荷能力(最大) | タンク貨車 | 900 | t/day |
| | タンクローリー | 500~700 | " |
| ○積込口 | 1,500 sec用 | 2口 | |
| | 3,500 " | 1口 | |
| | さらに2口増設計画中(1986年完成予定) | | |
| ○送油ポンプ | 40 t/h × 2台 | | |
| ○貯蔵タンク | 1,500 sec用 | 850 | t/1基 |
| | 3,500 " | 950 | " |
| | 増設計画中 | | |
| ○加熱装置 | 計画中であるが設置時期未定 現在精油所からの燃料を冷却しないうちに積込んでいるので問題ない。 3,500 secの燃料のみ、冬期積込みに時間が倍かかる。 | | |
| ○入換 | 手動入換 (ワイヤとウインチ使用) | | |

英国報告書*によれば、他の石油会社も同様の設備を有しており、それらの貯蔵タンク容量は以下のようにになっている。

| | |
|-------|---------|
| TOTAL | 1,350 t |
| MOBIL | 910 t |
| SHELL | 3,210 t |

また、SHELLのみが蒸気加熱装置を有しており、積込み設備も最良との事である。

* The Democratic Republic of the Sudan National Electricity Corporation
"Fuel Transportation Study" Final Report June 1984
SIR ALEXANDAR GIBB & PARTNERS MERZ AND McLELLAN

2) 燃料荷下し設備

Khartoum North 発電所へ輸送するタンク車はKhartoum North 駅で切り離し、また Burri 発電所へ輸送するものはKhartoum 駅より送り込まれる。これらの配置関係は図 2.4 のとおりである。

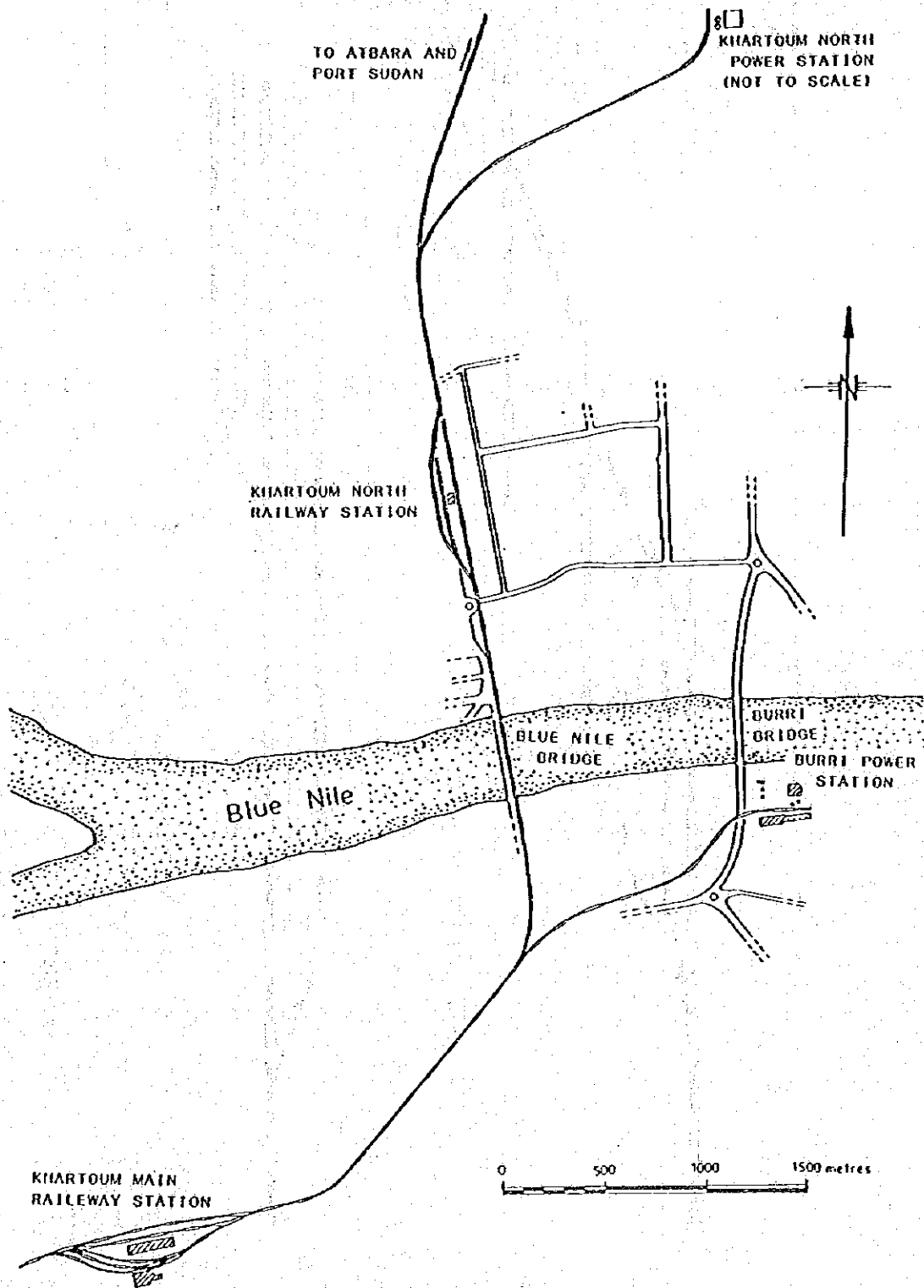


図 2.4 カルツームの鉄道配線

Khartoum North 発電所は最近建設され、荷下し設備も新しい。Burri 発電所の設備は古く、現在順次更新中である。

荷下し設備は古く、こぼれた油で汚損しているが、荷下し線、貯蔵タンクなど最近増設が完了した。

両発電所の荷下し線の配置は図 2.5、また荷下し設備は表 2.1 のとおりである。

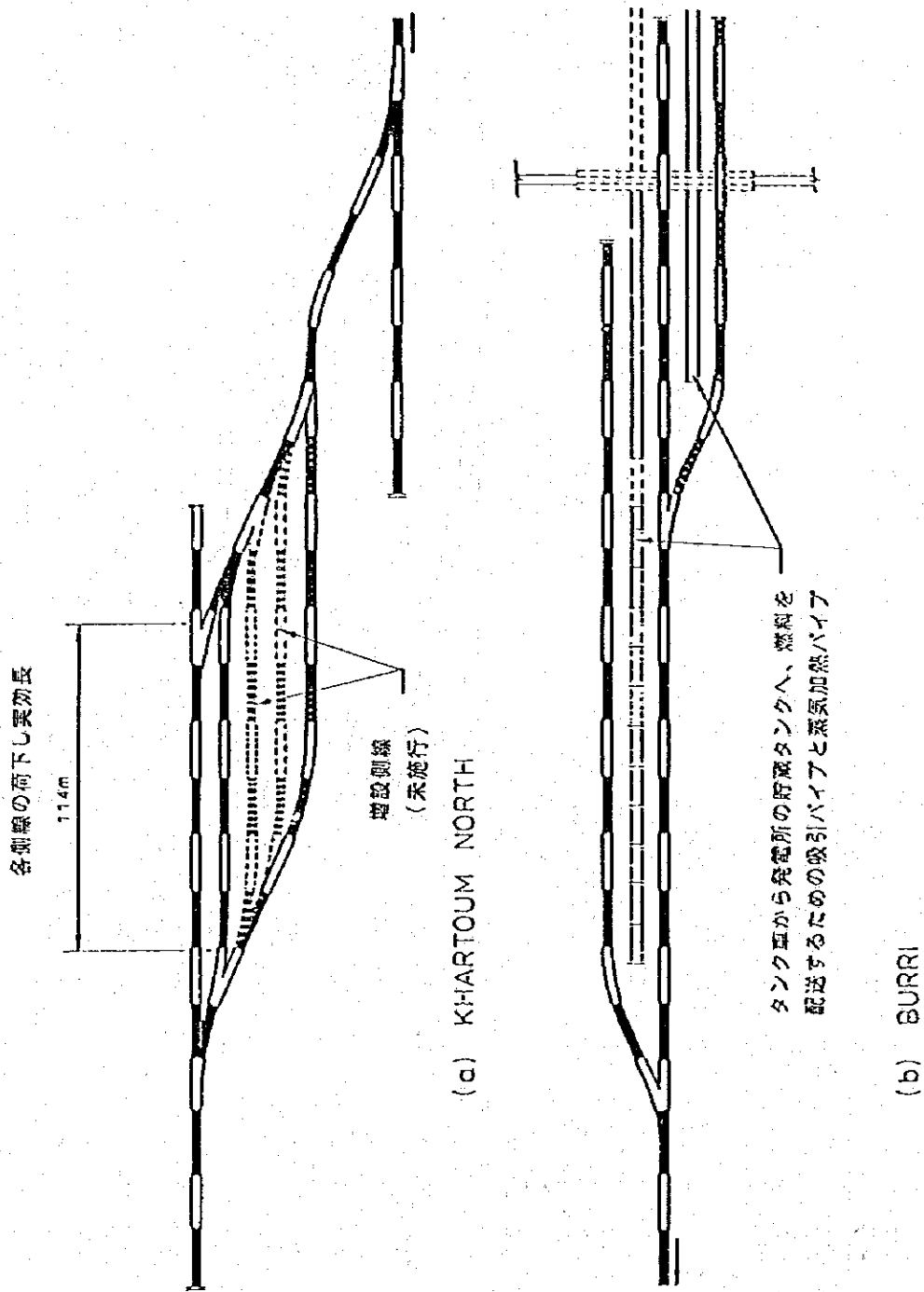


図 2.5 発電所における構内軌道配線概念図

表 2.2 1 Khartoum の発電所の荷下し設備

| | Burri | Khartoum North |
|--------|---|-------------------------|
| 荷下し口 | 5両×2線 9両×2線 | 10両×2線 |
| 荷下しポンプ | 54 m ³ /h×4 | 120 m ³ /h×2 |
| 貯蔵タンク | 1,500 t×4 2,700 t×3 (200 t×4) (ガスオイル用) | 20,000 t×2 |

Khartoum North 発電所ではさらに 20,000 t×2 基の貯蔵タンクの増設を計画しており用地も確保されている。

両発電所ともタンク車加熱用の蒸気設備を計画中である。

入換は、必要の都度 SRC 所属の入換用ディーゼル機関車によっているため、必ずしも能率的とは云えない状態である。

2-6 燃料輸送の現状

カルツーム地区における燃料消費量の実績は、1983/84 年度約 70×10^3 t、1984/85 年度 90×10^3 t である。輸送日数を年間 295 日とすると、1日当りの輸送量としては、1983/84 年度は 240 t、1984/85 年度は 305 t となる。

積込み、荷下し設備の容量はこれらの輸送量に対して十分であり、何ら問題ない。

SRC のピーク輸送能力は 800 t/日であるが、1列車を出発させると、次の列車の手配が出来ないため、平均的輸送能力は 1日 150 t 程度とみられる。このため、NEC はやむを得ず半分近くをタンクローリにより輸送している。

特にディーゼル機関車の不足は深刻で、他の救援物資等を運搬する列車も満足に運転されていない状態であり、燃料輸送用のタンク車と他の貨車との混結運転が多い。

列車の運行は、計画ダイヤに対して恒常的に遅れている。

2-7 要請の経緯と内容

水力発電は季節変動が大きく、特に乾季には大巾に電力が不足することから、Power II以降火力発電の増強に計画の重点が向けられ、火力発電に必要な燃料を輸送するための燃料輸送整備計画が立案された。

この計画によれば、燃料輸送用タンク車は、28両×4編成+予備1編成で計140両が必要とされ、又これをけん引するため2両(重連)×4編成+予備2両の計10両の機関車が必要とされている。

このうち、タンク車はフランスの援助により40両が確保され、また自助努力により既存タンク車の改造も行われている。さらに60両のタンク車については、1985年10月現在、フランスの援助によって確保すべく努力中である。機関車10両については、確保の用途は全くない。

また、燃料輸送を円滑に行うため、燃料の積込み、荷下し箇所及び列車を総合的に管理・調整するSRC、NEC、GPC(石油公社)及び石油会社の連絡設備、ポートスーダン、カルツーム両市内でのSRC、NEC、GPC、石油会社間の連絡設備及び列車～最寄駅間の連絡設備も計画されているが、これらの連絡通信設備も確保の用途が立っていない。

このため、スーダン国政府は、燃料輸送のための機関車とその運行に必要な通信機材の供与について、我国に無償資金協力を要請してきた。

具体的要請内容は次のとおりである。

1) 電気式ディーゼル機関車

軸重約16トンで1,600-1,700馬力の電気式ディーゼル機関車 10両

2) 通信設備

(1) 燃料輸送のために、既存の通信網とは独立したカルツーム、アトバラ及びポートスーダンの都市間及び都市内の関係機関を結ぶ無線装置

(2) 列車～最寄駅間連絡用無線のうち、1)の機関車に搭載する車上無線装置

第 3 章 計画の内容

第3章 計画の内容

3-1 スーダン側の計画の内容

スーダン側の計画は、英国報告書に基づいており、目標年度を1987/88年度とし、その内容は以下のとおりである。

1) 発電計画と燃料消費量

青ナイル地区における電力需要量は1983/84年度を基準年度とし、低予測値として年9%の伸びを、また主予測値として、年間215GWH前後の増加を見込んで設定した。

これらの予測値は表3.1のとおりである。

表3.1 電力需要予測(スーダン側当初計画)

| 年 度 | 主予測値(GWH) | 低予測値(GWH) |
|---------|-----------|-----------|
| 1983/84 | 1,134 | 1,089 |
| 1984/85 | 1,329 | 1,187 |
| 1985/86 | 1,544 | 1,294 |
| 1986/87 | 1,760 | 1,410 |
| 1987/88 | 1,974 | 1,540 |
| 1988/89 | 2,184 | 1,680 |
| 1989/90 | 2,413 | 1,830 |

(なお、スーダン側は今回の現地調査時点では、これらの需要予測値を1984/85年度は発電実績に潜在需要を加えた1,406GWHとし、それ以降は年7.5%の伸びを見込んだ値に変更していた。しかし燃料消費量は余り変化がないとみなして、燃料輸送計画は変更していない。)

上記電力需要の伸びに対応するために、Khartoum North、Burriの火力発電所の増強を中心にRoseires水力発電所も強化するPower IVプロジェクトを推進する。

表3.1の主予測値をもとに、1987/88年度について月別に電力需要を求め、水力事情が平年並と悪い場合に対して水力発電量、必要な火力発電量及び燃料消費量を算出した。これにより火力発電による電力供給量の割合は1981/82年度の15%から、1987/88年度には35%まで高まり、1987/88年度での燃料消費量は、水力事情が平年並の場合で228,000t/年、悪い場合は288,000t/年となる。

燃料消費量は上記のように水力事情に影響を受けるので、ここでは水力事情が平年並と悪い場合の平均をとり、年間26万tとした。

2) 輸送計画

燃料の年間消費量としては1987/88年度は26万tとしているが、この消費量は水力事情により月別に大きく変化する。輸送能力を燃料の最大消費時に合わせる事は、過大な設備になりかねないので、極力輸送の平準化をはかるため、発電所に燃料の貯蔵タンクを設け、波動を吸収する。1ヶ月当りの最低必要輸送能力は年間消費量の平均値となるが、月別輸送能力が大きくなると、貯蔵タンクの必要容量は小さくなる。

これらの関係を表したものが図3.1である。

これらの検討結果により、貯蔵タンク容量として既存のもの5.4万t、Power IVプロジェクトで計画中のもの4万t計9.4万tを考慮すると、1ヶ月当り輸送能力2.15万tつまり年間26万tの輸送が適正である。

1日当りの輸送量は、休日を除いた働き日数295日にさらにトラブル時の回復余裕を考慮して年間260日の輸送と考え、1,000t/日とした。これは35t積タンク車28両分に相当する。従って28両のタンク車を1編成として毎日1編成分出荷する。燃料輸送列車は固定編成とし、表3.2に示すように、ポートスーダンでの積み込み — カルツームへの輸送 — カルツームでの荷下し — ポートスーダンへの回送……のサイクル時間（Turn round time）を4日とし、4編成を使用して年間消費量26万tを輸送する。

将来、必要輸送需要が増加した時点では、表3.2に示すようにポートスーダンの積み込み設備の改良と列車の表定速度の向上により3日サイクルとする。

表3.2 所要サイクル時間

単位・時間

| 場 所 | 作 業 内 容 | 1987/88 計 画 | ケースⅠ | ケースⅡ |
|-------------|-------------|----------------|--------|--------|
| ポートスーダン(PS) | 入 換 | 6 | 6 | 1 |
| | 積 込 み | 14 | 8 | 6 |
| | 予 備 | 6 | 6 | 1 |
| PS → KTM | 走行(途中の検査含む) | 27.5 | 24 | 24 |
| | 予備(回復) | 3.5 | 3 | 3 |
| カルツーム(KTM) | 入 換 | 2 | 2 | 2 |
| | 荷 下 し | 7 | 7 | 7 |
| | 予 備 | 1 | 1 | 1 |
| KTM → PS | 走 行 | 26 | 24 | 24 |
| | 予備(回復) | 3 | 3 | 3 |
| 合 計 | | 96 hrs | 84 hrs | 72 hrs |
| 予備・回復余裕(再掲) | | (13.5) | (13) | (8) |
| サイクル(日) | | 4 | 3.5 | 3 |

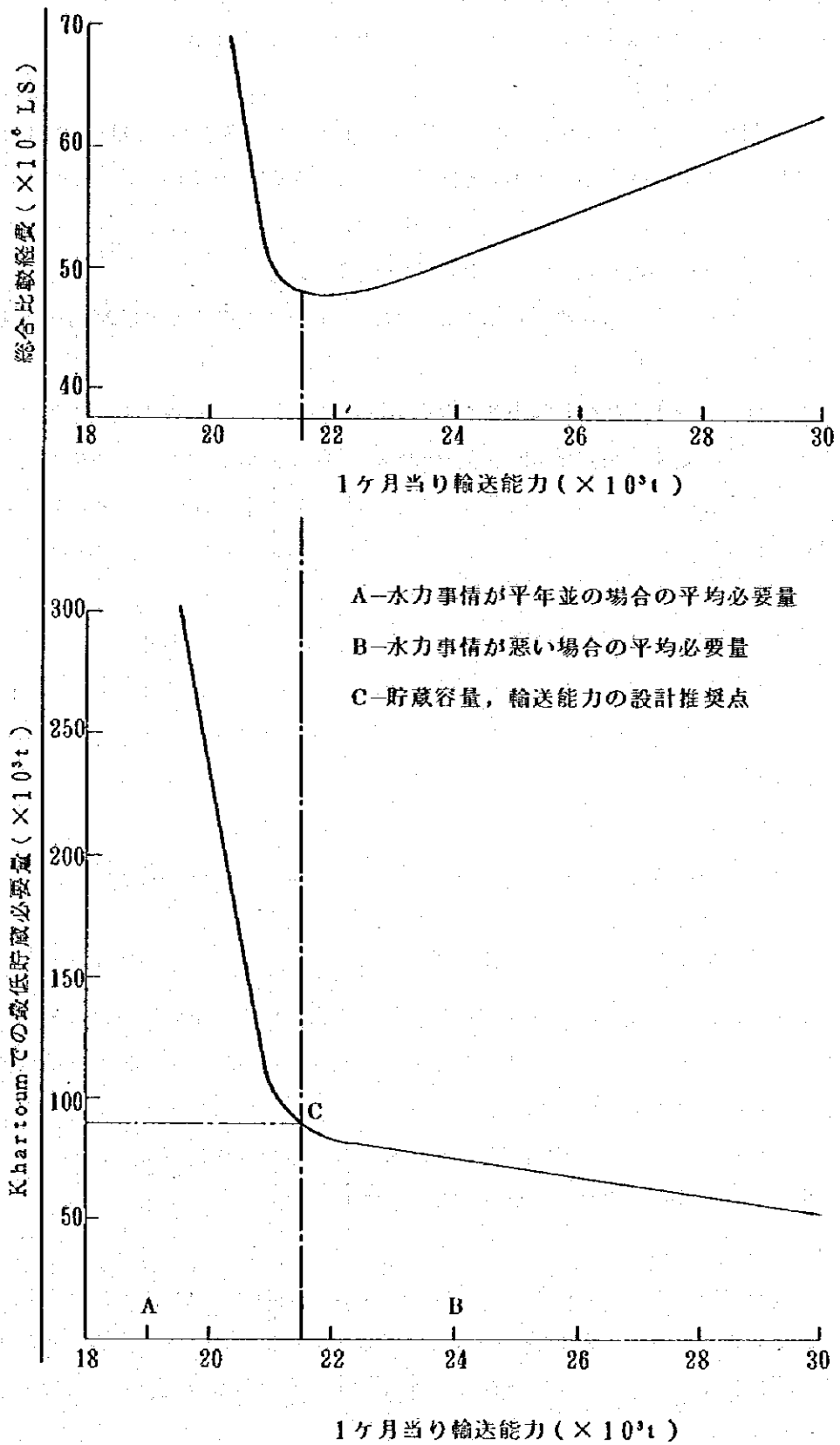


図 3.1 輸送能力と貯蔵タンク必要量

3) 設備計画

前述のように1日当り1,000tの燃料を輸送するために28両のタンク車1編成を毎日4日のサイクルで運転する。このために以下の設備を計画する。

(1) ディーゼル機関車

28両のタンク貨車とManama及び Brake Vanから成る列車のけん引荷重は積車時1,486t、空車時506tとなる。これをけん引する機関車は、以下の理由で、1,650HP、軸重13tの重連とする。

- a) 高い速度が得られる。(特に勾配区間)
- b) 軸重が小さい方が軌道破壊量が少なく、また事故時カッサラ経由の迂回輸送も可能となる。
- c) 機関車が1両故障しても走行可能であり、それによる遅延も少なくて済む。
- d) 将来輸送需要が伸びて、タンク車を増結する場合も対応できる。

(このうち軸重についてはカッサラ経由の場合も16.5tが許容される事が今回の調査で明らかになった。)

機関車の所要両数は、

$2(\text{重連}) \times 4(\text{編成}) + 2(\text{予備}) = 10(\text{両})$ である。

新製機関車が投入される迄は、現在故障中のClass 1900ディーゼル機関車10両を回復修繕して使用する計画である。(今回の調査時点ではまだ修繕されておらず、その見通しもない。)

(2) タンク車

タンク車は空気ブレーキ、加熱装置付35t積のものを使用する。

所要両数は、

$28\text{両} \times 1.1(\text{予備率}10\%) \times 5(\text{編成}) = 155\text{両}$ である。

(今回の調査時点では、SRCは28両×5編成=140両を計画していた。)

このうち一部は、フランスから入手した比較的新しいタンク車を加熱装置取付け改造することにより充当可能である。

ただし、これらはNEC以外の燃料輸送も考慮する必要がある。

不足分のタンク車は新製により入手する必要がある。

(3) ターミナル設備

カルゾームの荷下し設備として、BurriおよびKhartoum North両発電所における荷下し線の延長、増設、荷下し口の増設、蒸気加熱装置の取付けを計画する。また燃料貯蔵タンクはPower IIIプロジェクト終了時5.4万t、Power IVプロジェクトで4万トンの増設を計画する。

積込設備の改良は石油会社が行なうが、将来燃料輸送列車の使用サイクル短縮に対しては、積込口の増設、加熱装置の取付などが必要であり、各社の積込能力改善と購入割当に

ついて政府、NEGは十分考慮するように英国報告書は提案している。

ポートスーダン、カルツームとも構内のレールはすべて37kg/mレールにする計画である。

(4) 通信設備

輸送計画や列車運転状況の連絡のため、列車～駅間の無線連絡設備と、カルツーム、アトバラ及びポートスーダンの関係機関を結ぶ連絡設備を計画する。

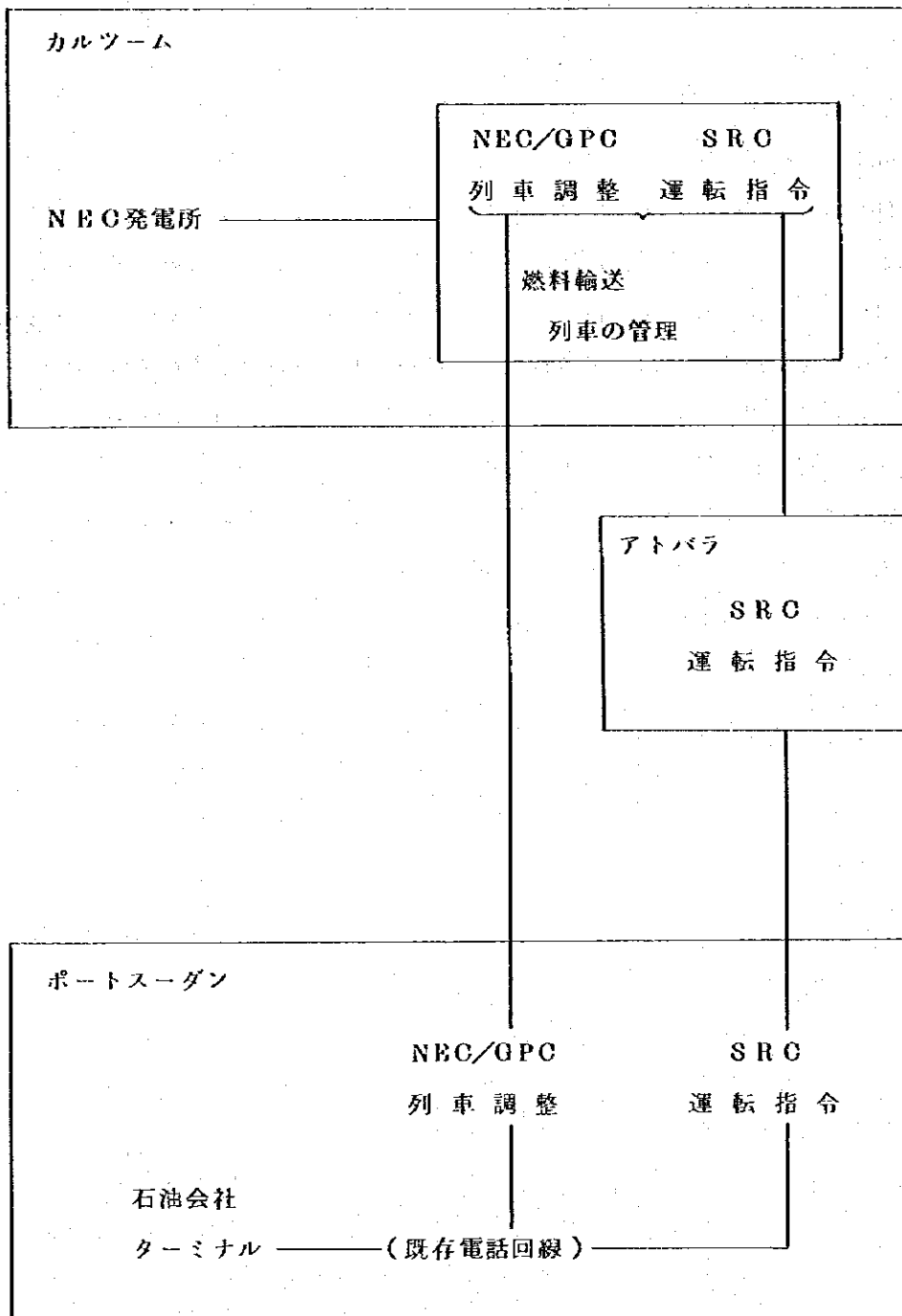
前者については、線路沿線は殆んど砂漠で砂埃が多く、しかも高温であるため機関車故障が発生し易い上、駅間距離が長く、かつ全線単線であるため、駅中間で列車がトラブルを起した場合、乗務員が地上の職員に早急に連絡する何らかの連絡手段を必要とする。

現在SRCはこの様な場合に対して、列車～最寄駅間の連絡用無線を持っており、今回の燃料輸送用機関車にもこの無線機を搭載する。

後者の各都市間および各関係機関間の連絡設備としては、家畜輸送で使用しているように、独立した燃料輸送専用の通信網を所有する。

これらの概要は図3.2のとおりである。

〔都市間・都市内連絡〕



〔車上～地上連絡〕

- 専用機関車 駅と通信するため、LMMC（家畜精肉会社）機関車と同じ車載無線機を取付ける。
- 追加の地上基地 列車管理上重要な場所に、運転指令と列車にリンクする無線機を設置する。

図 3.2 燃料輸送列車の新しい無線リンク

3-2 要請内容の検討結果

1) ディーゼル機関車

スーダン側の計画では、年間26万tの火力発電用燃料を輸送するため、28両×4編成+予備1編成の計140両タンク車と、これを重連で引くためのディーゼル機関車10両が必要である。この内容は燃料需要と列車の所要サイクル時間を考慮すれば妥当な計画と認められる。

タンク車については、100両をフランスより入手、残り40両は既存車の改造（加熱装置取付、空気ブレーキ改造など）で準備することになっている。しかし、今回調査時点では、フランスより入手予定の100両のうち、40両は現在製作中であり、残り60両についてはフランス・スーダン政府間で約束済であるが未だ調印には至っていない。

従って、要請のあったディーゼル機関車については、タンク車としては製作中40両と改造中の既存車40両の計80両が確実であるので、これに見合った台数とすべきと考える。尚、既存車の改造は、空気ブレーキの改造についてはかなり進んでいるが、加熱装置の取付は今後に予定されている。

2) 通信設備

(1) 列車～最寄駅間連絡設備

線路沿線は殆んど砂漠で砂埃が多く高温のため、エンジントラブルが生じ易い環境にあり、駅間距離も長く、しかも“列車～最寄駅間連絡用無線”以外には連絡手段が存在しない。従って、燃料輸送用に新たに投入する機関車にも、既存の無線システムと同一の無線機を搭載し、安定した燃料輸送を確保する必要がある。

(2) 主要都市間連絡設備

SRCについては、長距離連絡設備として、短波無線とSTCから借用している架空線路があるが、後者は回線品質が悪くてあてにならず、前者は、使用上の制約があり予備機もない。従って、燃料輸送の連絡を随時行うためには、カルツーム、アトバラ、ポートスーダンの3箇所に独立した無線設備を新設することが望ましいが、1日1回程度の連絡であり情報量も少く緊急性には乏しい。

SRC以外の機関（NEC、GPC等）にも独自の無線設備があり、またSTC電話回線が存在している。回線及び機器の信頼度を向上するため、既存とは別の無線機を設置するのが望ましいが、これも使用頻度が少なく、列車運転に直接使用するものでないので、緊急性に乏しい。

(3) 市内連絡設備

燃料の積込み、荷下しの際の入換作業を効率的に行なうためには、同一市内のSRC、NEC及び石油会社間に専用の連絡設備を設置するのが望ましいが、現状でもSTC回線があるので、これを最大限活用すべきである。

3-3 計画の概要

1) 電力需要

青ナイル地区における最近の発電実績は表 3.3 のようになっている。

表 3.3 最近の発電実績

| 年度(7月～6月) | 1983/84 | 1984/85(対前年%) |
|--------------------------------------|---------|---------------|
| ピーク電力 (MW) | 188 | 210(117) |
| 発電々力量 水力(GWH) | 764 | 928(121) |
| 火力(") | 250 | 281(112) |
| 合計(") | 1,014 | 1,209(119) |
| 発電不足量 (") (発電所等の故障および発電能力不足による) | 143 | 42(29) |
| 電力需要実績 (") | 1,157 | 1,251(108) |

NECは、1984年時点では電力需要として年9%の伸びを予測していたが、社会設備投資の伸び率の低下を考慮して、今回の調査時点では年7.5%の伸びへと下方修正をし表3.4の値とした。

表 3.4 電力需要予測(スーダン側修正計画)

| 年 度 | 電力量需要予測(GWH) | ピーク発電需要(MW) |
|---------|--------------|-------------|
| 1984/85 | 1,406 | 268 |
| 1985/86 | 1,511 | 288 |
| 1986/87 | 1,625 | 309 |
| 1987/88 | 1,747 | 332 |
| 1988/89 | 1,878 | 357 |
| 1989/90 | 2,018 | 384 |
| 1990/91 | 2,170 | 413 |

これまでの実績をもとに、英国報告書と同様に潜在需要のある場合とない場合について予測値を検討した。その結果は表3.5のとおりである。

これらの電力需要予測の比較は図3.3のとおりであり、スーダン側の修正計画値と、今回の予測値の中央値は1988/89年度ではほぼ一致する。

以下今回の予測値の中央値を使用する。

表 3.5 電力需要予測

(単位 GWH)

| 年 度 | 低 予 測 値 (Low Forecast) | 高 予 測 値 (Main Forecast) | 中 央 値 (平均) |
|---------|---------------------------|----------------------------|---------------|
| 1984/85 | 1,251 | 1,251 | 1,251 |
| 1985/86 | 1,353 | 1,453 | 1,403 |
| 1986/87 | 1,462 | 1,657 | 1,560 |
| 1987/88 | 1,581 | 1,858 | 1,720 |
| 1988/89 | 1,710 | 2,056 | 1,883 |
| 1989/90 | 1,848 | 2,271 | 2,060 |

※ 1. 1984/85年度は実績を示す。

※ 2. 低予測値は過去の伸び率から判断して約8%の伸びとした。

※ 3. 高予測値は英国報告書の中の潜在需要予測の伸び率を使用した。

1988/89年度における電力需要を月毎に求めると表3.6の結果となる。またこれらを
図示すると図3.4のようになる。

表 3.6 1988/89年度月別電力需要量

(単位: GWH)

| 月 | 発電必要量 | 水力事情が平均的な場合 | | 水力事情が悪い場合 | |
|-----|-------|-------------|------|-----------|------|
| | | 水 力 | 必要火力 | 水 力 | 必要火力 |
| 7月 | 167 | 125 | 42 | 116 | 51 |
| 8月 | 142 | 107 | 35 | 100 | 42 |
| 9月 | 157 | 134 | 23 | 113 | 44 |
| 10月 | 170 | 153 | 17 | 153 | 17 |
| 11月 | 160 | 139 | 21 | 139 | 21 |
| 12月 | 156 | 136 | 20 | 123 | 33 |
| 1月 | 141 | 114 | 27 | 96 | 45 |
| 2月 | 126 | 79 | 47 | 64 | 62 |
| 3月 | 142 | 56 | 86 | 37 | 105 |
| 4月 | 162 | 55 | 107 | 34 | 128 |
| 5月 | 178 | 73 | 105 | 42 | 136 |
| 6月 | 182 | 122 | 60 | 97 | 85 |
| 合 計 | 1,883 | 1,293 | 590 | 1,114 | 769 |

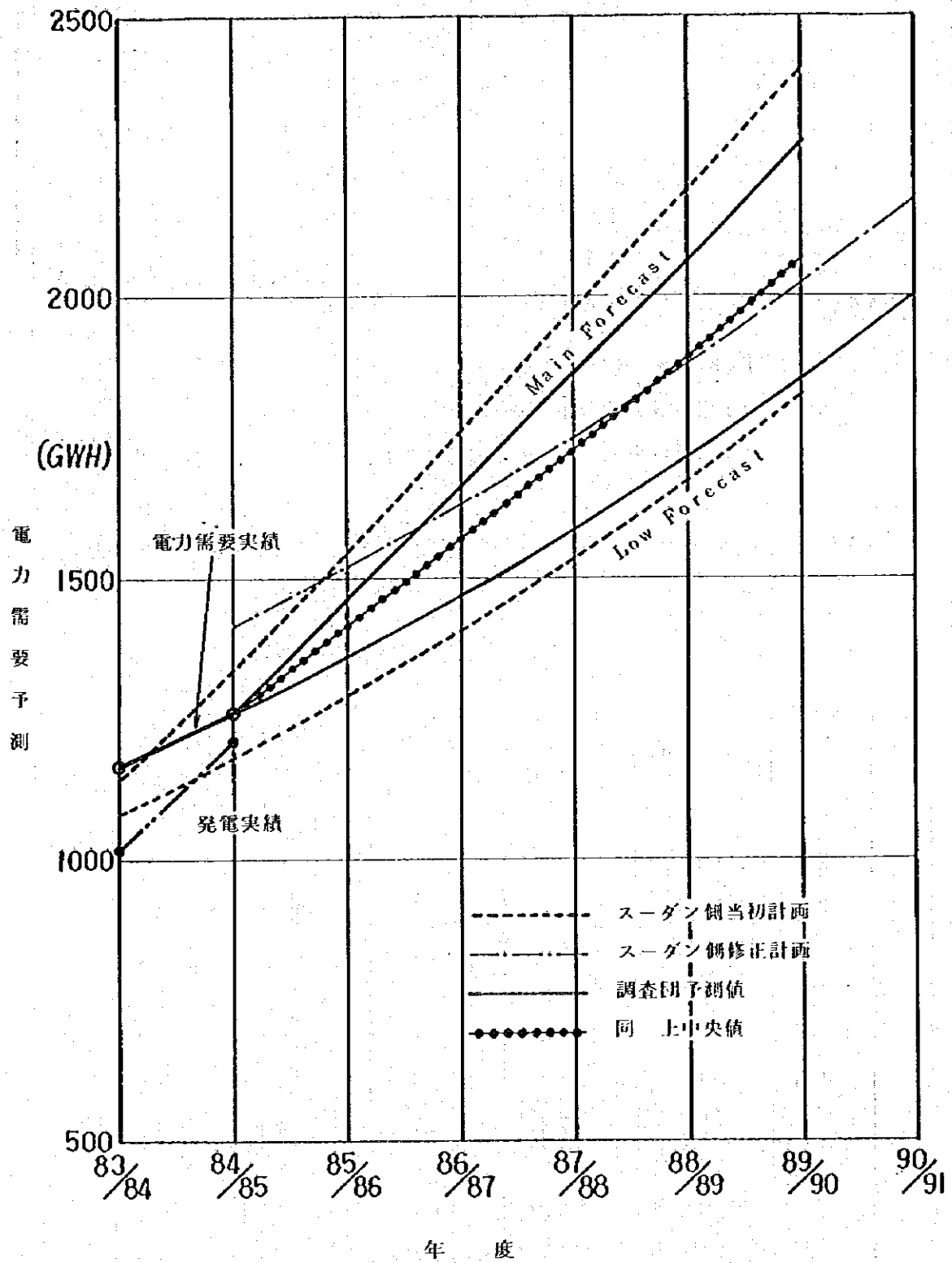


図 3.3 電力需要予測

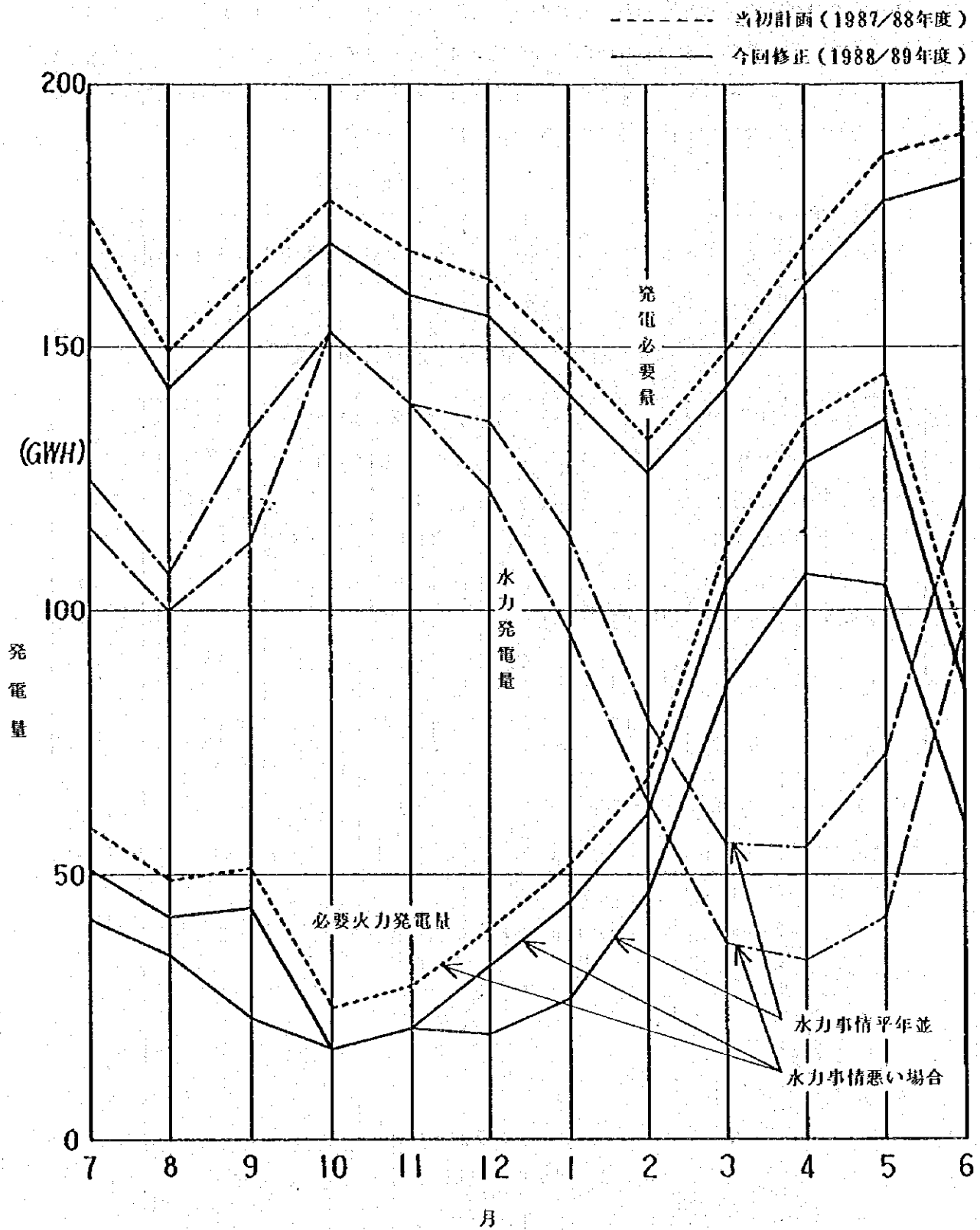


図3.4 1988/89年度における月別電力需要

これらの値は1988年6月完成予定（建設資金未確定）のRoseiresの水力発電増強（ $\text{No. 7} = 40 \text{ MW}$ ）を考慮しており、これが完成しない場合は、必要火力の値は、水力事情が平年並の場合約30%、水力事情が悪い場合約20%増加する。

これらの電力需要に対して発電量能力は表2.6から分るように十分であるが、Roseiresの水力が完成しない場合は火力の稼働率をさらに上げる必要がある。

2) 燃料消費量と輸送量

前記の電力需要から各年度の火力発電必要量、燃料消費量を求めると表3.7および図3.5のようになる。

表3.7 年度別火力発電必要量と燃料消費量

| 年 度 | 電力需要量 (GWH) | 水力発電 (GWH) | | 火力発電 (GWH) | | 燃料消費量 (千 t) | |
|---------|----------------|------------------|----------------|--------------|----------------|--------------|--------------|
| | | 平年並 | 悪い時 | 水力平年並 | 水力悪い時 | 水力平年並 | 水力悪い時 |
| 1984/85 | 1,251 | 1,102 | 950 | 149 | 301 | 50 | 101 |
| 85/86 | 1,403 | 1,102 | 950 | 301 | 453 | 101 | 152 |
| 86/87 | 1,560 | 1,102 | 950 | 458 | 610 | 153 | 204 |
| 87/88 | 1,720 | 1,102 | 950 | 618 | 770 | 207 | 258 |
| 88/89 | 1,883 | (1,102) 1,293 | (950) 1,114 | (781) 590 | (933) 769 | (262) 198 | (313) 258 |
| 89/90 | 2,060 | (1,102) 1,293 | (950) 1,114 | (958) 767 | (1,110) 946 | (321) 257 | (372) 317 |

() はRoseires水力発電所増強（ $\text{No. 7} = 40 \text{ MW}$ ）が完成しない場合。

表より分るようにRoseires水力発電所増強（ $\text{No. 7} = 40 \text{ MW}$ ）が完成しない場合には、燃料の必要量は20～30%増加する。

1988/89年度の最低必要輸送力は、作業日数を休日を除いた295日/年とした場合、以下のようになる。

- 水力事情が平年並の場合

$$1.65 \times 10^5 \text{ t/月} \quad \text{又は} \quad 672 \text{ t/日}$$

- 水力事情が悪い場合

$$2.15 \times 10^5 \text{ t/月} \quad \text{又は} \quad 875 \text{ t/日}$$

燃料輸送能力としては上記の値に、季節変動やトラブル時のための貯蔵タンク容量およびトラブル後の回復能力を加味して決める必要がある。

月毎の燃料消費量と、最低輸送量の場合の貯蔵タンク残量の関係は図3.6のとおりである。また輸送能力と、貯蔵タンクの最低必要量は図3.7のようになる。

($\times 10^3$ TONS)

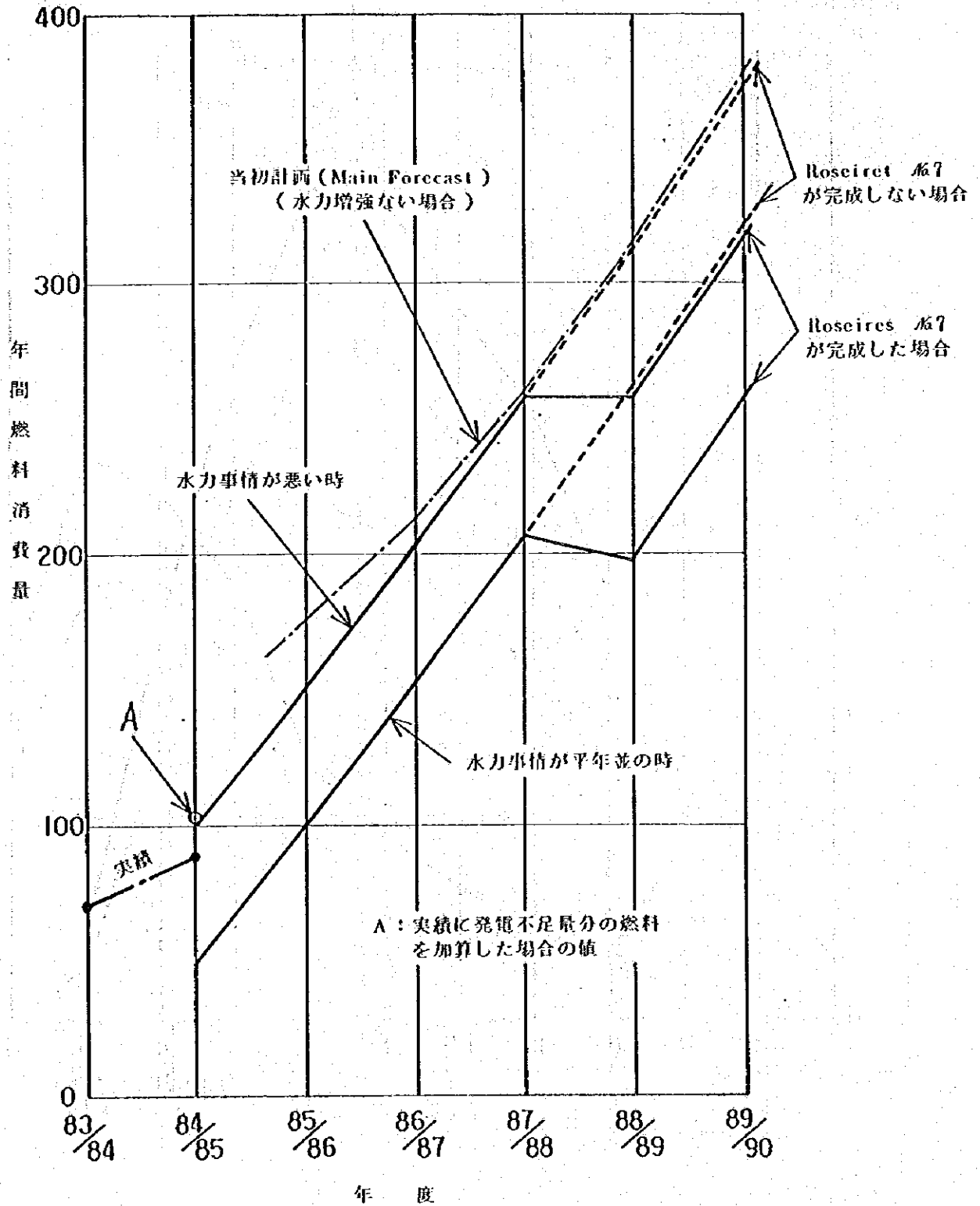


図 3.5 年度別燃料消費量

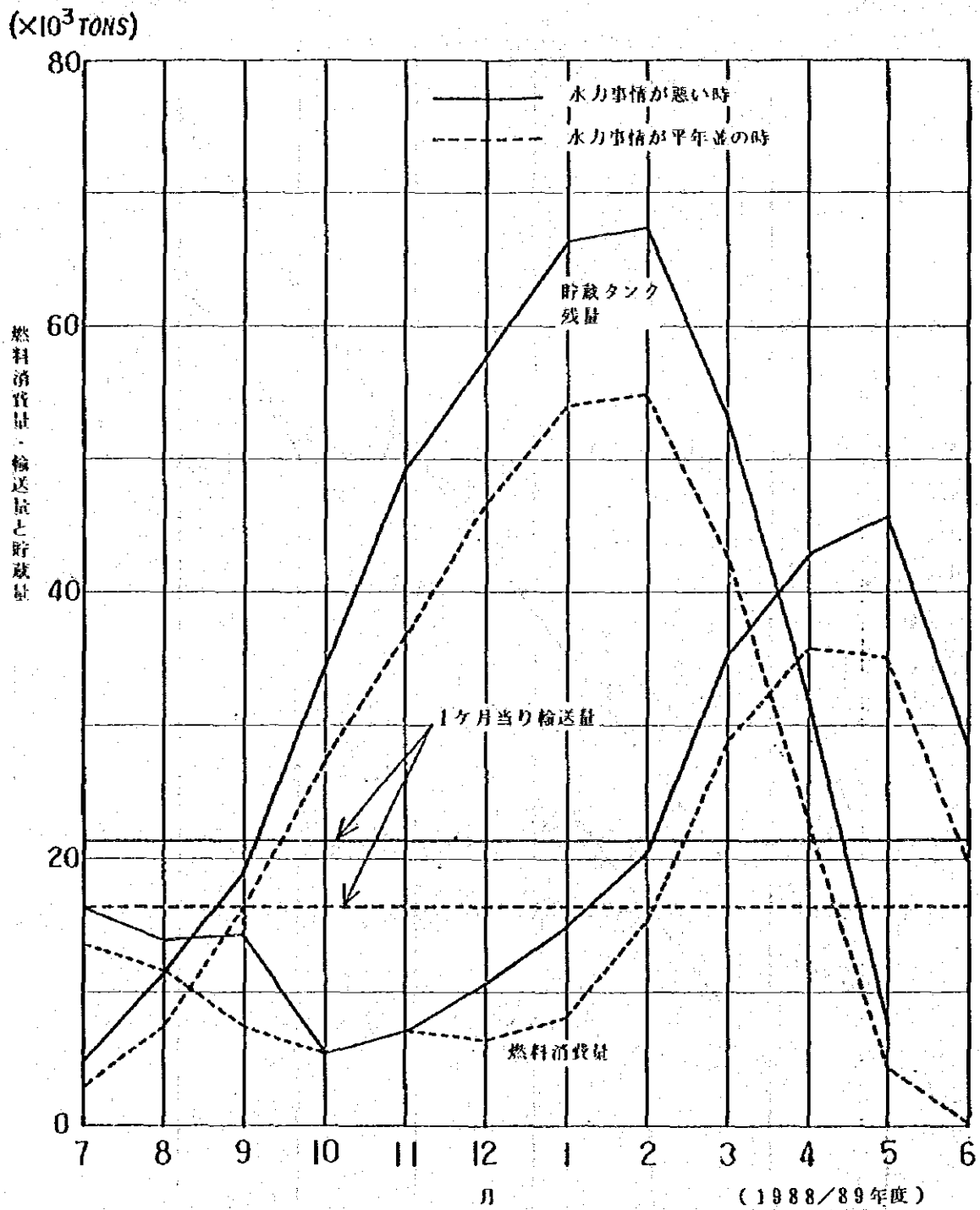


図 3.6 月毎の燃料消費量と貯蔵タンク残量

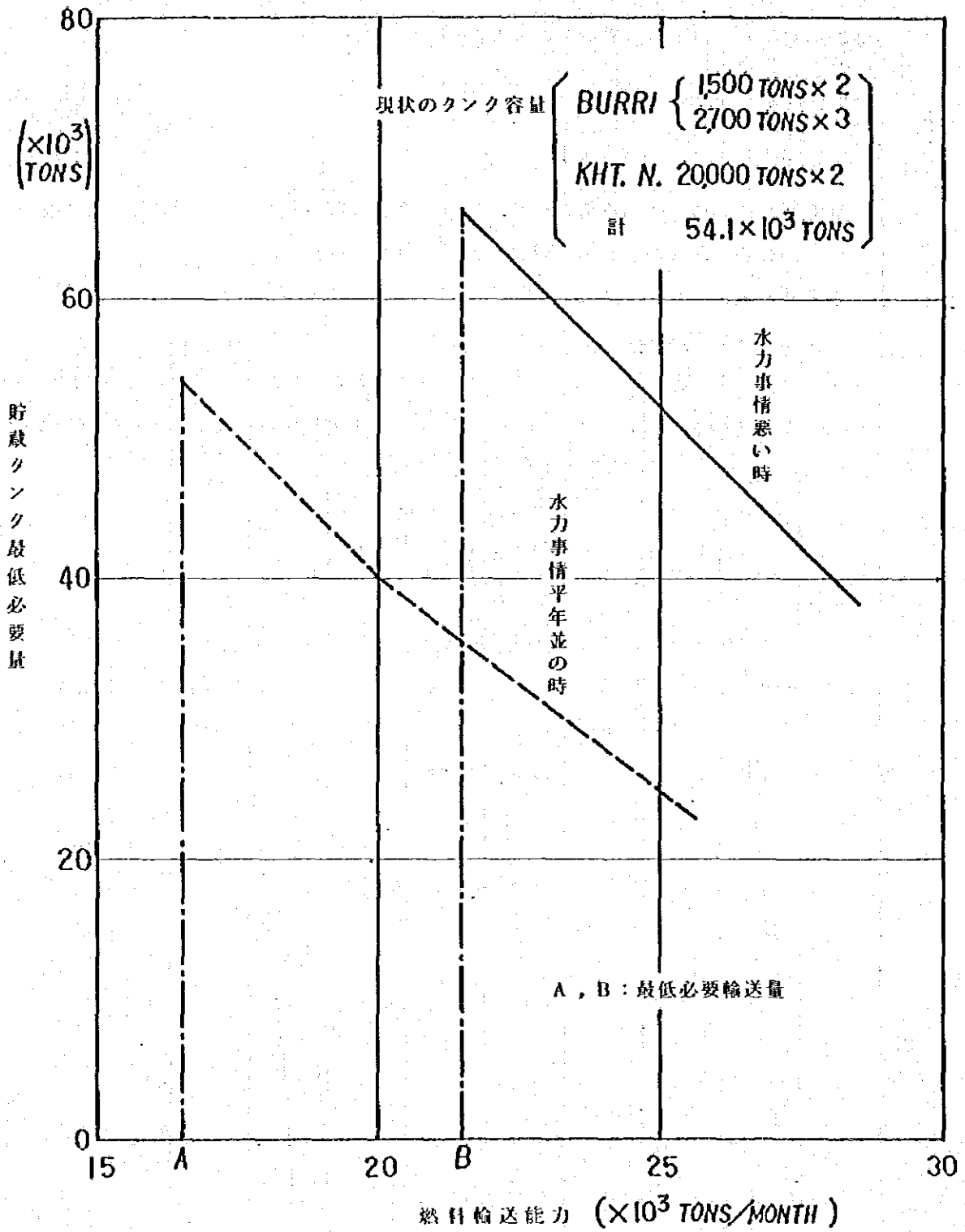


図 3.7 燃料輸送能力と貯蔵タンク必要量

水力事情が悪い場合の貯蔵タンク容量は最低必要量と現状との差である 13,000 t (図 3.7 参照) 不足することになり、さらに 5 日程度の備蓄を考えると 20,000 t 程度増設する必要がある。輸送能力は、緊急時には休日も輸送する事を前提に考えれば、水力事情が悪い場合の最低必要能力に若干の余裕をもたせ 900 t/日 程度でよいと考えられる。

3) 燃料輸送計画

(1) 列車構成

燃料輸送方法としては、設備の有効利用という面から毎日均一的に輸送する事が望ましい。前述の必要輸送量からタンク列車の編成両数を求めると、

$$900 \text{ t/日} \div 35 \text{ t/両} = 25.7 \dots\dots\dots 26 \text{ 両/日}$$

従って 1 日当り 26 両 1 編成準備すればよい。

タンク車 1 両当りの重量は空車時 17 t、積車時 52 t であり、又列車の前後に Manama と Brake Van (いずれも自重各 20 ton) を 1 両ずつ連結するので、けん引重量は次のようになる。

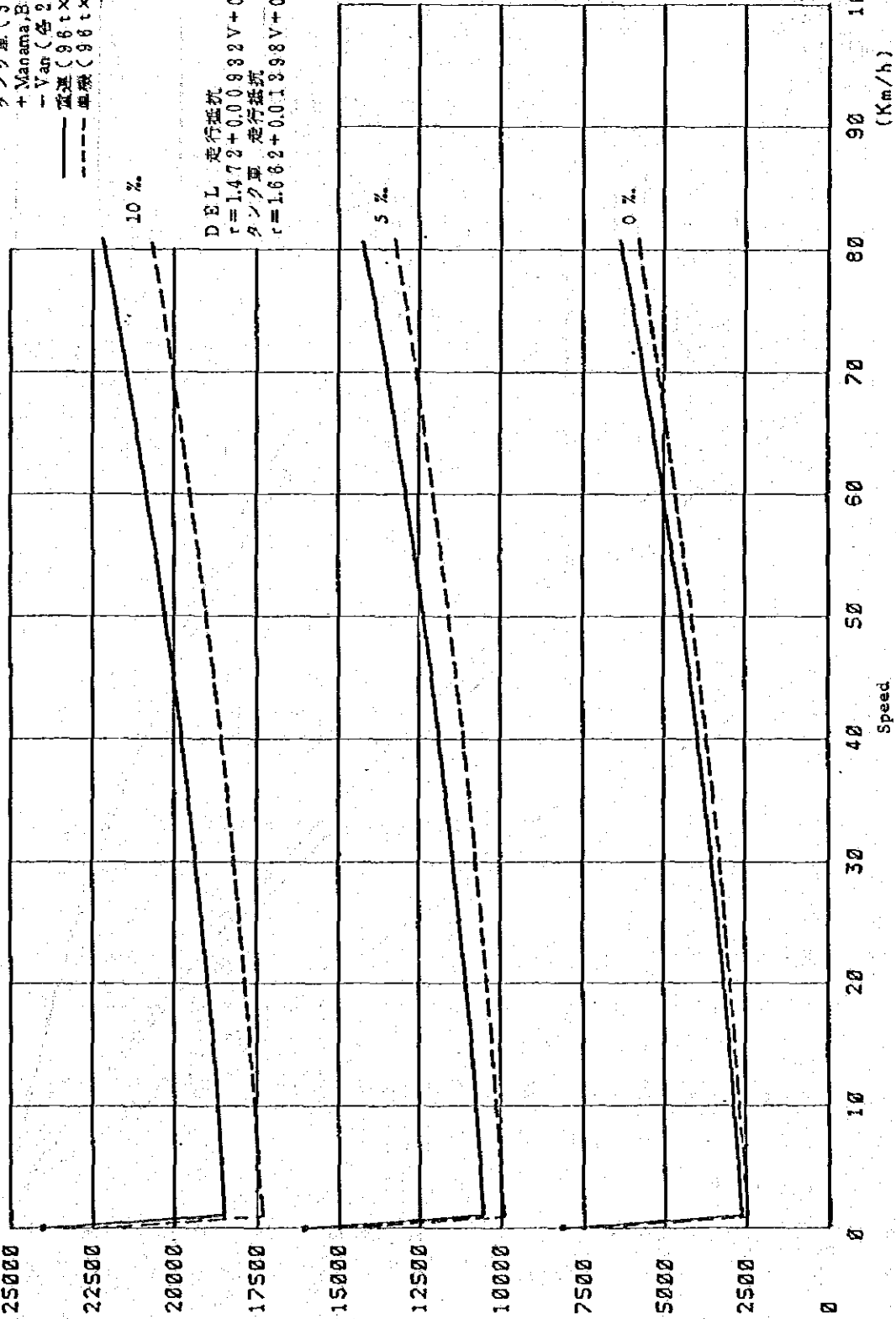
$$\begin{array}{l} \text{ポートスーダン} \quad \rightarrow \quad \text{カルツーム} \quad \text{は} \\ 52 \text{ t} \times 26 + 20 \text{ t} \times 2 = 1392 \text{ t} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{カルツーム} \quad \rightarrow \quad \text{ポートスーダン} \quad \text{は} \\ 17 \text{ t} \times 26 + 20 \text{ t} \times 2 = 482 \text{ t} \end{array}$$

積車時の 0、5、10% 勾配上の走行抵抗、必要機関車出力をそれぞれ、図 3.8、図 3.9 に示す。走行抵抗については、すべてローラベアリングとして出発時機関車 6 kg/t、貨車 5 kg/t とし、走行時は Davis の式により算出した。

R
(Kg)

計算条件
 タンク車 (52t) × 26両
 + Manama, Brake
 - Van (各20t)
 --- 重運 (96t × 2両) 牽引
 --- 車載 (98t × 1両) 牽引



DEL 走行抵抗
 $r = 1.472 + 0.00982V + 0.00058V^2$ (kg/t)
 タンク車 走行抵抗
 $r = 1.662 + 0.01398V + 0.00015V^2$ (kg/t)

図 3.8 走行抵抗

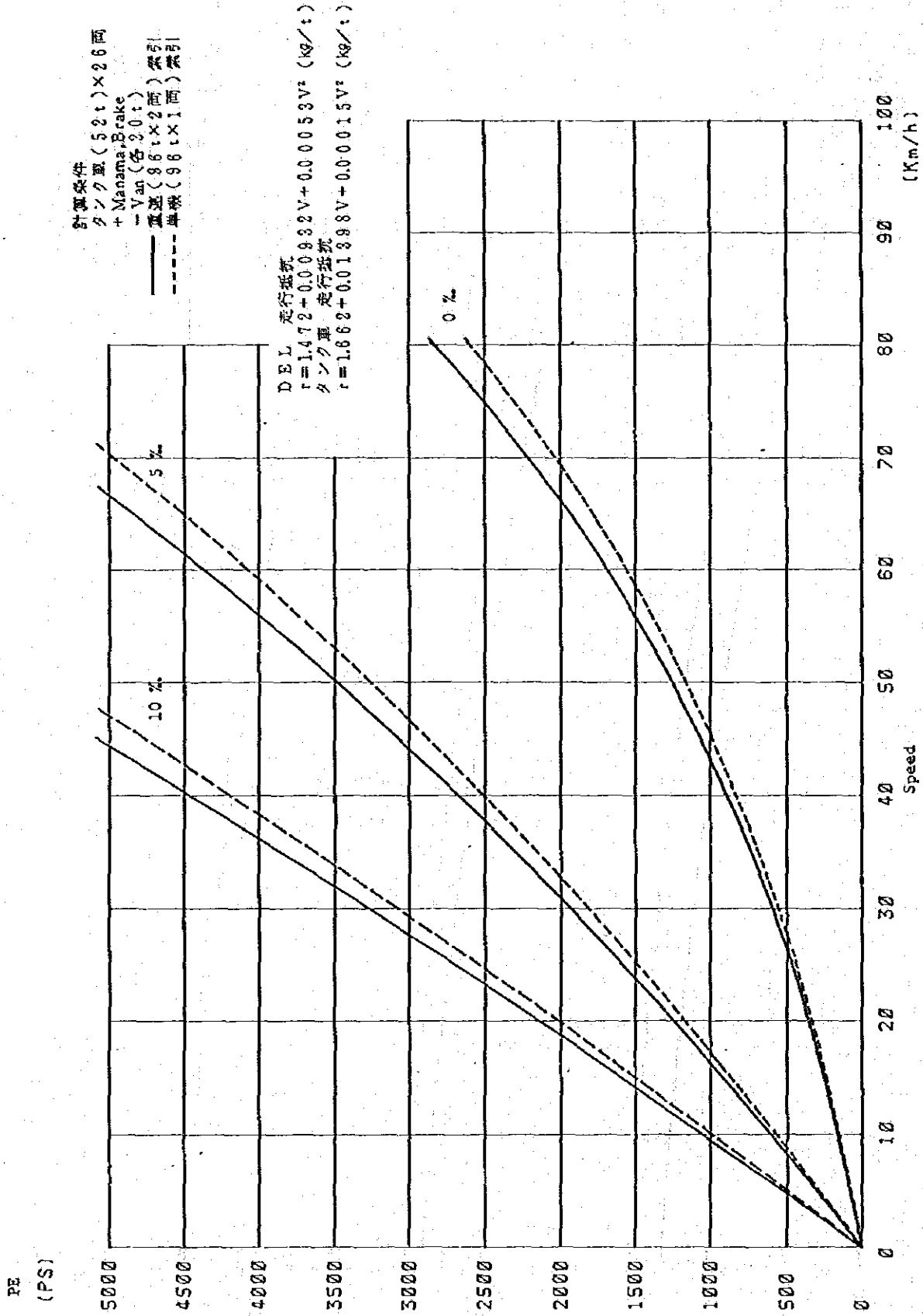


図 3.9 機関車必要出力

(2) 所要サイクル時間 (Turn Round Time)

所要サイクル時間は、ポートスーダンにおける積込み、ポートスーダン→カルツームの積車走行、カルツームにおける荷下し、カルツーム→ポートスーダンの空車回送、配車、列車組成のための入換、さらに各段階での余裕などから成る。これらの各所要時間としては、スーダン側は表 3.8 のように計画しており、荷役、鉄道設備の状態からみて妥当な数字と考えられる。

表 3.8 所要サイクル時間

| (作業内容) | 所要時間 |
|--------------------------------|-----------------|
| ポートスーダン (P . S .) 入換 | 6 hr |
| 積込み | 14 " |
| 予備 | 6 " |
| P . S . → K T M 走行 (途中の検査含む) | 27.5 " |
| 予備 | 3.5 " |
| カルツーム (K T M) 入換 | 2 " |
| 荷下し | 7 " |
| 予備 | 1 " |
| K T M → P . S . 走行 | 26 " |
| 予備 | 3 " |
| 合計 | 96 " (4 日) |

以上を図示すると図 3.10 のようになる。

この所要サイクル時間は、スーダン側の計画では将来輸送需要がさらに大きくなった場合、設備改善などにより積込み、走行の時間を短縮して3日とするとされている。この中で特に積込みと走行の占める時間が長い。前者は複数の石油会社での同時積込みや入換機関車の配備による入換作業の効率化により大巾な時間短縮が可能であろう。走行時間短縮に関しては S R O の設備および保守の現状からみて、走行速度を大巾に向上する事は難しい。しかし、タンク車の限界速度の向上及び途中駅での検査体制の見直しを計れば、かなり時間を短縮することができる。検査体制は客車を含めて、スーダンの特殊事情、S R O の経験から決められるべきものであるが、現状では途中駅停車時の検査が多すぎる様に見受けられる。これらの検査を仮に 2.4 時間毎とし (日本国鉄では 4.8 時間毎)、加えて途中駅での停車が極力少なくなる様なダイヤを組めば、現在の駅停車時間約 9 時間の大半が節約できるとなる。

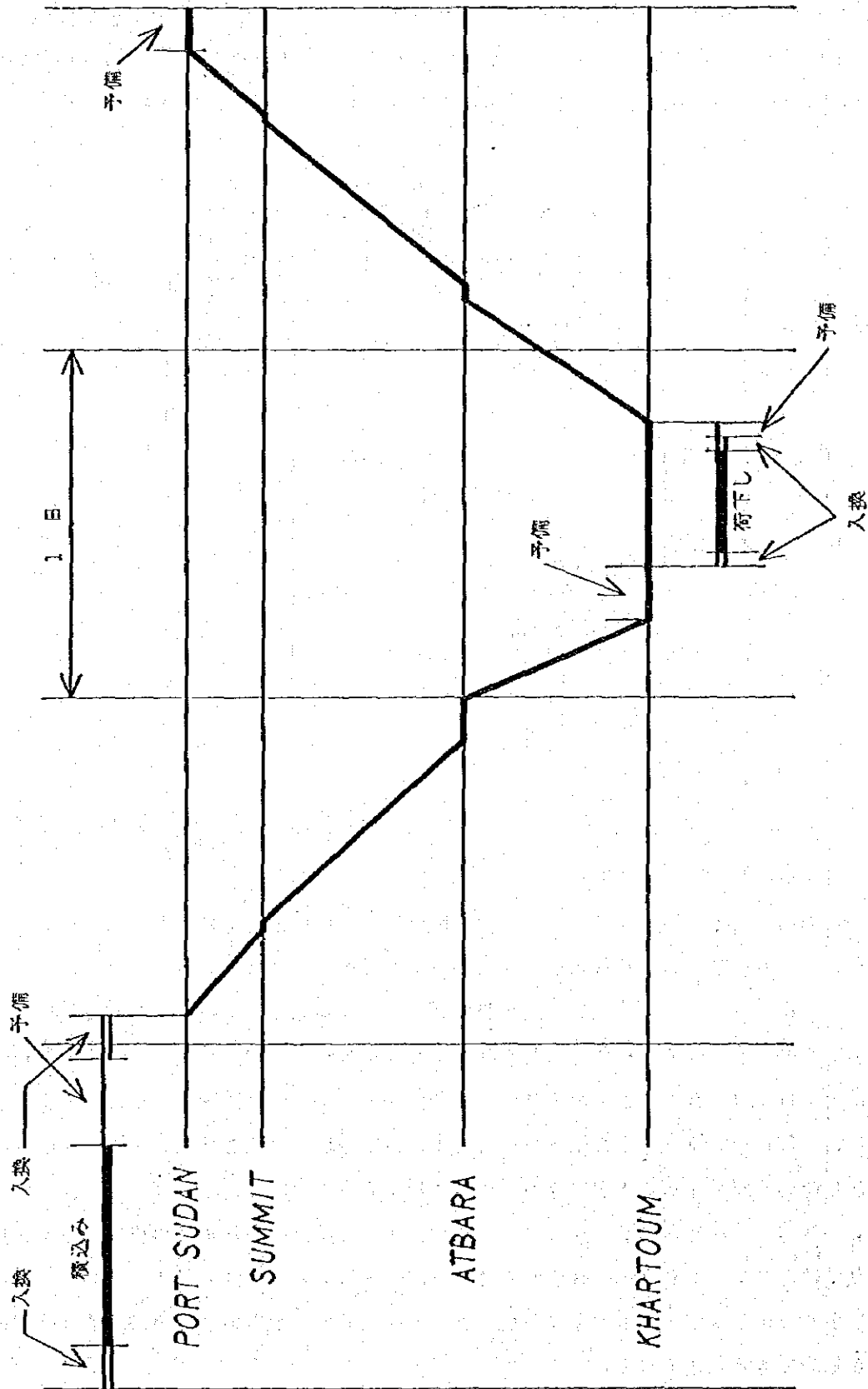


図 3.10 燃料輸送所要サイクル時間

(3) 機関車の使用方法

積車状態のタンク車26両とManama、Brake Vanをけん引してポートスーダン～サミット間の勾配10%、最小曲線半径388mを登坂する場合、機関車(自重96t)1両では、勾配引出し時の粘着係数は0.26以上必要となる。この値は異常時の対応ならやむを得ないが、線路条件の良くないスーダンの線区ではやゝ厳しいと考えられる。

従ってこの区間では、重連けん引とするか、編成車両数を減少させる必要がある。

機関車の使用方法として次の3通りが考えられる。

- (A) 全区間重連でけん引する。
- (B) 上り勾配区間(ポートスーダン→サミット)のみ重連でけん引し、他の区間は単機けん引とする。
- (C) 上り勾配区間のみタンク車編成両数を少くし、列車本数を増加する。勾配の頂上で組成替をし、編成両数を多く(26両に)する。

以上のうち(B)の場合の運用例を図3.1.1に示す。

(C)の場合は例えば上り勾配では20両けん引とし、3日に1本余分に18両編成を勾配の頂上迄運行する。この18両編成のうちから1日6両ずつ切離して、20両編成のものに加え1列車(26両)とする方式である。

これら3つの方法のけん引方式の比較は表3.9のとおりである。

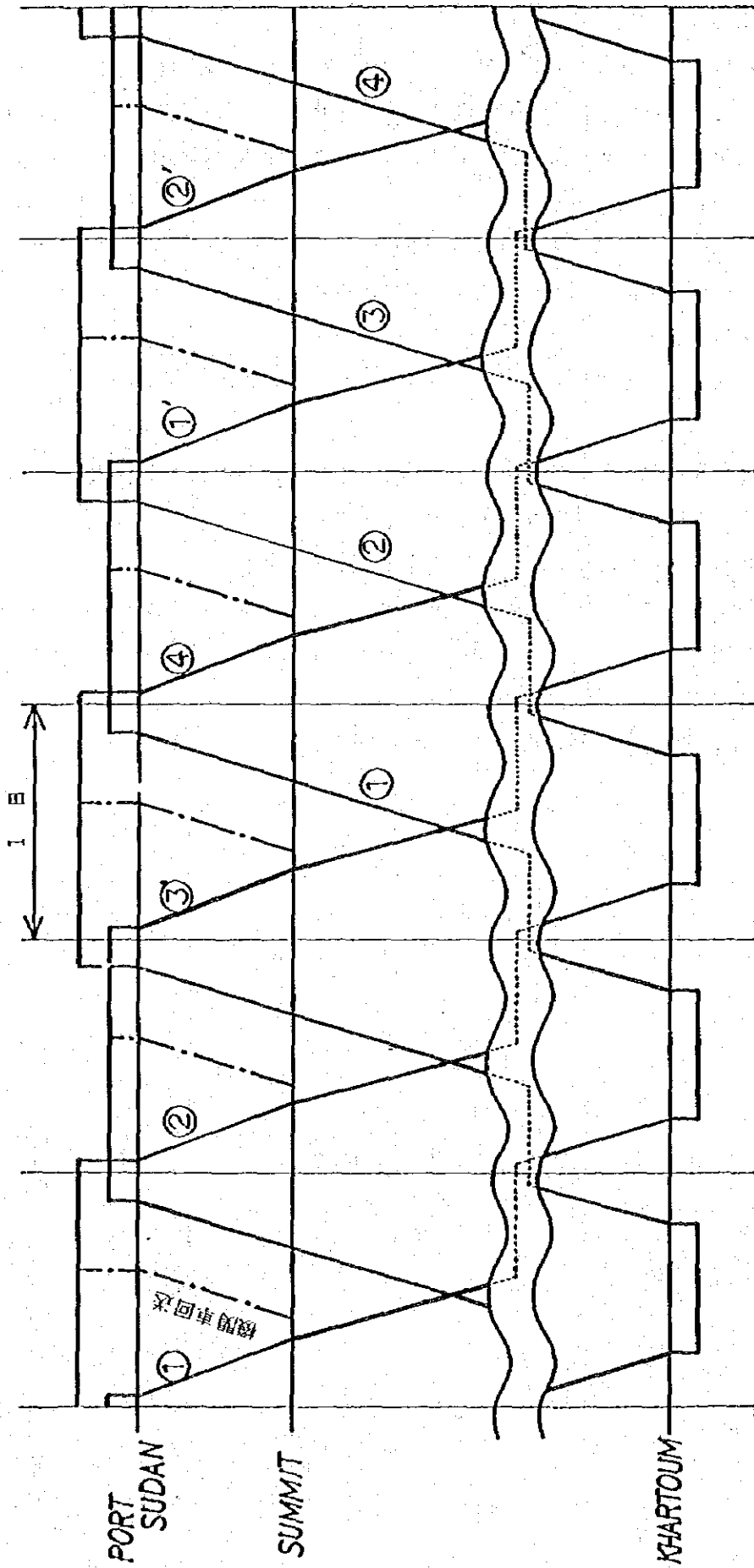


図 3.1 1 上り勾配区間（ホースターサミット）のみ重運けん引の場合

表 3.9 機関車使用方法の比較

| 方法 | 長 所 | 短 所 |
|-----|---|--|
| (A) | <ol style="list-style-type: none"> 1. 勾配での速度が向上できる。 ポートスーダン→サミット (130km) 30km/h 走行で 4.3 hr 2. 途中での人換不要。 3. 1両故障でも走行可能。 4. カルツームにおける分割輸送が効率的に出来る。 (Khartoum North と Burri) 5. 将来の需要増に対するフレキシビリティが最も大きい。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 機関車両数を多く必要とする。 (10両) |
| (B) | <ol style="list-style-type: none"> 1. 勾配での速度向上は(A)と同じ。 2. 機関車必要両数が少なくて済む。 (7両) 3. 途中での貨車の人換不要。 (機関車の切離しは余り時間がかからない。) | <ol style="list-style-type: none"> 1. 機関車故障時の影響大。 (救援に多くの時間を要する。) 2. 平坦地でのけん引速度能力に余裕がない。 又は大出力機関車必要。 3. 勾配用機関車の回送が必要。 (要員増) |
| (C) | <ol style="list-style-type: none"> 1. 機関車必要両数が少なくて済む。 (7両) | <ol style="list-style-type: none"> 1. 貨車の必要両数大。 (1編成分増) 2. 機関車故障時の影響大。 3. 途中駅での貨車入換必要。 (要員、所要時間増) 4. 機関車は大出力のものが必要。 |

この内容を評価するに当たっては次の点を考慮する必要がある。

① 上り勾配での速度

(A)、(B)では約 30 km/h (機関車出力 1,600/1,700HP)

(C)の場合約 28 km/h (" 2,250HP)

いずれも約 30 km/h 近いので余り問題ない。これが 20 km/h 程度になると約 2 時間余計に必要となり、全所要時間に影響が出始める。

② 途中での入換

途中駅は砂漠の中にあり、ここに入換要員を置く事は問題があると思われる。従って入換要員を常時列車に乗務させることになり、要員増となる。

③ 機関車故障時の対策

スーダンの地形上ほとんど砂漠の中の線区を走行するために故障が発生し易く、しかも一旦故障が発生すると機関車の配置条件などから、救援機関車の派遣に多大な時間を要する事が多い。現状ポートスーダン～アトバラ間の運転状態で5時間以上の遅れが40%と、30分以上5時間以内の遅れ10%に対して極端に大きい事は、上記の事実を示している。

長時間の遅れが発生すると積み込み作業などに支障が生じ次の列車はカットせざるを得なくなる状況が考えられるが、その様な場合に対処するためには、輸送能力に相当の余裕が必要となり、設備的にも高額になりかねない。途中に救援機関車を配置しておく事は、救援時間の短縮には役立つが、予備機関車数が増加し(例えば2時間以内に到着するために、200km毎に配置すれば、4両の予備が必要)、又それらを保管する車庫、検修が必要となるので実用的ではない。

機関車故障時の対策は、特にスーダンの地形的、気候的条件を考慮すると非常に重要な問題である。

これらを総合的に判断すると、本計画に対しては、(A)の方法が最も適していると考えられる。

4) 燃料輸送設備

前記の輸送計画を実行するために必要な設備として、ディーゼル機関車、タンク車などの車両、通信設備、その他鉄道施設、積み込み・荷下しのためのターミナル設備が挙げられる。

これらのうち、ここではスーダン国政府から日本国政府へ要請のあった、ディーゼル機関車と通信設備について述べる。

(1) ディーゼル機関車

前述の900t/日の燃料を輸送するためには、所要サイクルが4日であるので351積タンク車26両を1編成とし、計4編成で運ぶ必要があるが、これをけん引するディーゼル機関車の必要両数は、重連であるので4編成分8両と検修予備、運転予備(いづれも一般的には各5~10%であるが最低各1両は必要)各1両を加えて、10両となる。

しかし今回の調査時点で確実であったタンク車は、現在製作中の40両と、改造中40両の計80両と考えられる。

900t/日を輸送すべく、26両を1編成と考えると、80両のタンク車では3編成構成できる。この3編成を重連でけん引するためには、機関車の必要両数は6両(2両×3編成)となる。(予備車含まず)

この結果、年間輸送力は19.5万tとなり、水力事情が平年並の場合の必要量(19.8万t/年)に対して100%、水力事情が悪い場合の必要量(25.8万t/年)に対して75%輸送できる。

但しこれらには予備車両を含んでいないので、別途入手するか、又は既存の車両を使うなどの方策が必要である。

(2) 通信設備

車載無線装置については、スーダンの地形や現状を考慮すると、現有の装置と同型のものの搭載が必要である。数量については、この機関車は重連使用であるので、無線機故障を考慮しても、機関車1両に1台でよいと考えられる。

その他の都市間や関係機関間を連絡する通信設備については、現状の設備の信頼性の低さを考慮すると独立に備える事が望ましいが、使用頻度の低さと列車運転に直接使用するものでない事を考えると、現有のものを極力有効に使うべきであり、緊急性に乏しいと考えられるので除外する。

5) 実施運営機関

燃料の積込み、輸送、荷下しそれぞれに対する実施・運営機関は次のとおりである。

- | | |
|--------------|------|
| (a) 積込み | 石油会社 |
| (b) 輸送(入換含む) | SRC |
| (c) 荷下し | NEC |

尚、車両、軌道などの鉄道設備の管理、保守はすべてSRCが行なう事となる。

6) 管理計画・人的配置

本プロジェクトで使用する設備は前述のそれぞれの設備が所属する機関において維持管理される。従って、ディーゼル機関車については当然SRCで管理されることになるが、これの配属は以下ようになる。

| | |
|-------|---------|
| 配属機関区 | アトバラ機関区 |
| 受持工場 | アトバラ工場 |

交番検査(weekly、monthly、yearly check)は機関区で、又オーバーホール以上は工場で行ない、また仕業検査(daily check)は、運用を考慮して、ポートスーダン、アトバラ、カルツームで行なう事になろう。

燃料輸送列車の運行管理はポートスーダンにあるEastern Region、アトバラにあるNorthern RegionそしてカルツームにあるCentral Regionが関係するが、全体的な管理はアトバラの本社で行なう必要がある。

この燃料輸送に必要な要員は各機関の設備や労働実態に依存するので、算出困難であるが、乗務員について概算すれば以下ようになる。

1列車当り

機関士、機関助手、車掌 各1名×3組(交代要員)

これに、検査要員1名×3組を加えると12名必要という事になる。

現在SRCではこの他に公安職員等を乗務させているが、これはスーダン側の事情により判断すべきものである。

1回の乗務時間は、カルツームでの休憩も加えると拘束時間70時間となる。SRCの一般の勤務時間は週42時間であるので $70 \div 42 = 1.7$ 、つまり1.7週間に一度乗務させる事になる。

有給休暇や欠勤などを考慮した出勤率を0.9とすると必要な乗務要員は

$$12 \text{名} \times 1.7 \text{週} \times 7 \text{日} \times \frac{295}{365} \div 0.9 = 129 \text{名}$$

となる。

この他車両や地上設備の保守、駅、管理要員が必要であるが、これらの要員は燃料輸送を他の一般的業務の一部として作業する事になり、燃料輸送要員としての算出は困難である。

第 4 章 基 本 設 計

第4章 基本設計

4-1 設計の方針

ディーゼル機関車を日本国内で製作する事は容易であり、これ迄多くの生産、輸出実績がある。従って、本件ディーゼル機関車は、日本国内で製作するものとする。但し、以下の部品については次に述べる理由により輸入品とする。

○ エンジン

1,600 HP 以上のクラスの機関車用大型エンジンは、国内の需要がないこともあり最近国内で生産されていない。最近の輸出用機関車もこのようなクラスのエンジンはすべて輸入品を使用しており、今回も輸入品を使用することが適当である。

○ 車載無線装置

SRCでは現在車載無線装置を使用しており、今回の機関車に搭載する無線装置も既存のものと共用可能なものである必要がある。このような共用可能な無線装置は、既存のものを製作したメーカーから購入する事が最も低廉、効率的と考えられる。

従って、SRC既存品製作メーカーからの輸入が適当である。

4-2 設計の条件

設計の条件として以下の事柄を考慮する。

- (a) 大部分の線区が砂漠の中で砂埃が多いので、防埃対策を十分考慮する。(特にシール部、空気取入口など)
- (b) 使用環境温度としては過去の最低、最高気温の月別平均値より求め15～43℃とし、最高耐温度は最高気温の4.8℃とする。
- (c) 軌間は1,067mmとし、車両限界はSRC車両限界を使用する。
- (d) 原則として、UIC (International Union of Railways)規格を使用する。
- (e) 必要性能としては、ポートスーダン～サミット間の10%連続勾配を30Km/hの均衡速度で、またその他の平坦区間では60Km/h以上で走行可能とする。
- (f) 駆動方式は、大型機関車である事及びSRCでの実績を考慮して、ディーゼル電気式とする。
- (g) 今回計画のタンク車には真空ブレーキを使用していないので、ブレーキは空気ブレーキとし、サミット～ポートスーダンの勾配を下りるときには発電抑速ブレーキを使用する。
- (h) 軸重は16t(許容16.5t)で6軸駆動とし、整備重量は96tとする。
- (i) 車体形状は、点検のし易さや製作コストの低廉化を考慮し、ボンネットタイプ片側運転室とする。但し運転台は、長時間運転に対して疲労が少ない様、進行方向別に各1ヶ所、計2ヶ所設ける。
- (j) 台車はSRCの使用実績からCo-Coタイプとする。また台車枠は、製作両数が少ないので溶接構造も許容する。
- (k) 制御は重連総括制御可とする。但し既存機関車との総括制御は考えない。
- (l) 主発電機は、保守が容易で故障が発生しにくい交流式とする。

4-3 設計の仕様

前記の設計条件のもとに設計したディーゼル機関車の基本仕様は表4.1に、また形式図は図4.1のとおりである。

表 4.1 電気式ディーゼル機関車基本仕様

| 車 種 | | 96t電気式ディーゼル機関車 | | ユ ー ザ ー 名 | | SRC | | |
|--------------|----------------------|----------------------|---------|-----------|---|--------------------|--|--|
| 形 式 | | | | 概 要 | 熱帯の砂漠地方の幹線、燃料輸送用として設計。 防埃構造、車上無線、その他 | | | |
| 用 途 | | 幹線、燃料輸送専用 | | | | | | |
| 車 両 限 界 | | スーダン国鉄限界 | | | | | | |
| 車 軸 配 置 | | Co-Co | | | | | | |
| 重 量 性 能 | 運 転 整 備 (t) | 96t | | 機 関 | 種 類 | ディーゼル機関 | | |
| | 空 車 (t) | 90t | | | 形 式 | | | |
| | 最 高 運 転 速 度 | 80 Km/h | | | 搭 載 数 量 | 1 | | |
| | 最 大 引 張 力 (t) | 28,800 ($\mu=0.3$) | | | 連 続 定 格 出 力 | 1,650HP~/900rpm~ | | |
| 全 歯 車 比 | | | | 使 用 燃 料 | 軽 油 | | | |
| 主 要 寸 法 | 軌 間 (mm) | 1,067 | | 関 係 | 燃 料 消 費 率 | g/HP/h | | |
| | 全 長 (連結面間mm) | 16,800 | | | 付 属 部 品 | 過 給 器 形 式 × 数 | | |
| | 全 巾 (mm) | 3,022 | | | | 給 気 冷 却 器 × 数 | | |
| | 全 高 (mm) | 4,000 | | | | 始 動 電 動 機 × 数 | | |
| | 全 軸 距 (mm) | 12,900 | | | | 充 電 発 電 機 × 数 | | |
| | 台 車 中 心 間 (mm) | 9,000 | | | 重 量 (乾燥) Kg | | | |
| | 動 輪 直 径 (mm) | 914 | | | 種 類 ・ 形 式 | 回 転 界 磁, プ ラ シ レ ス | | |
| 連 結 器 高 (mm) | 851 | | 主 発 電 機 | 容 量 × 数 量 | 975kW~ × 1 | | | |
| 車 体 様 式 | | ボンネットタイプ 片側運転室 | | 電 圧 × 電 流 | | | | |
| 形 式 | | | | 回 転 数 | 900rpm~ | | | |
| 固 定 軸 距 (mm) | 3,900 | | | 重 量 Kg | | | | |
| 様 式 | 鋳鋼又は溶接、 コイルパネ支持方式 | | | | | | | |
| 最小通過曲線半径 | | 137m | | | | | | |

| | | | | | |
|--------|-------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------|---------------------|
| 主整流器 | 種類・形式 | シリコン整流器 | 蓄電池 | 形 式 | NIFE |
| | 連続定格 | 975Kw～ | | 容量×個数 | ニッケル・カドミウム |
| 主電動機 | 種類・形式 | ツリカケ方式 | 電 圧 | 50V～ | |
| | 連続定格 | 容量×数量 | | 150Kw～×6 | 冷 換 |
| | | 電圧×電流 | | 暖 房 気 | 暖 房 |
| | | 回 転 数 | 500rpm～ | 列車暖房装置 | な し |
| | 重量(キヤケス含)kg | | 連 結 器 | アライアンス ϕ 2 | |
| | | 緩 衝 器 | ゴム緩衝器 | | |
| 主用電動機 | 駆動方式 | ベルト駆動 | 照 明 | 室 内 | 運転室 40W×2、機関室 20W×6 |
| | 容量×数量 | 200 ml/min ～×2 | | 室 外 | 前照灯 200W×4、尾灯 40W×4 |
| 冷却装置 | 方 式 | 強制通風 | 補 助 機 器 | | |
| | | 放熱器冷却室側取付 | | | |
| | 放 熱 器 | 黄銅又はアルミ(分割タイプ) | | | |
| 送風機 | 駆動方式 | 機械式 | | | |
| | 容量×数量 | 2,100 ml/min ～×1 | | | |
| ブレーキ装置 | | 自動空気ブレーキ 直通ブレーキ 発電ブレーキ 手ブレーキ | 補 給 | 燃 料 | 5,000 l |
| 空気圧給機 | | 形式 | | 砂 | 360 l |
| | | 駆動方式 | ベルト駆動 | 水 | 800 l |
| | | 容量×数量 | 4,500 l/min ～×1 | | |
| 制御方式 | | 重連総括制御 電磁及び電磁空気式 | 特 記 事 項 | | |
| 制御回路電圧 | | 50V～ | | | |
| 運転保安装置 | | アッドマン装置 | | | |
| 放送連絡装置 | | 車上無線装置 | | | |

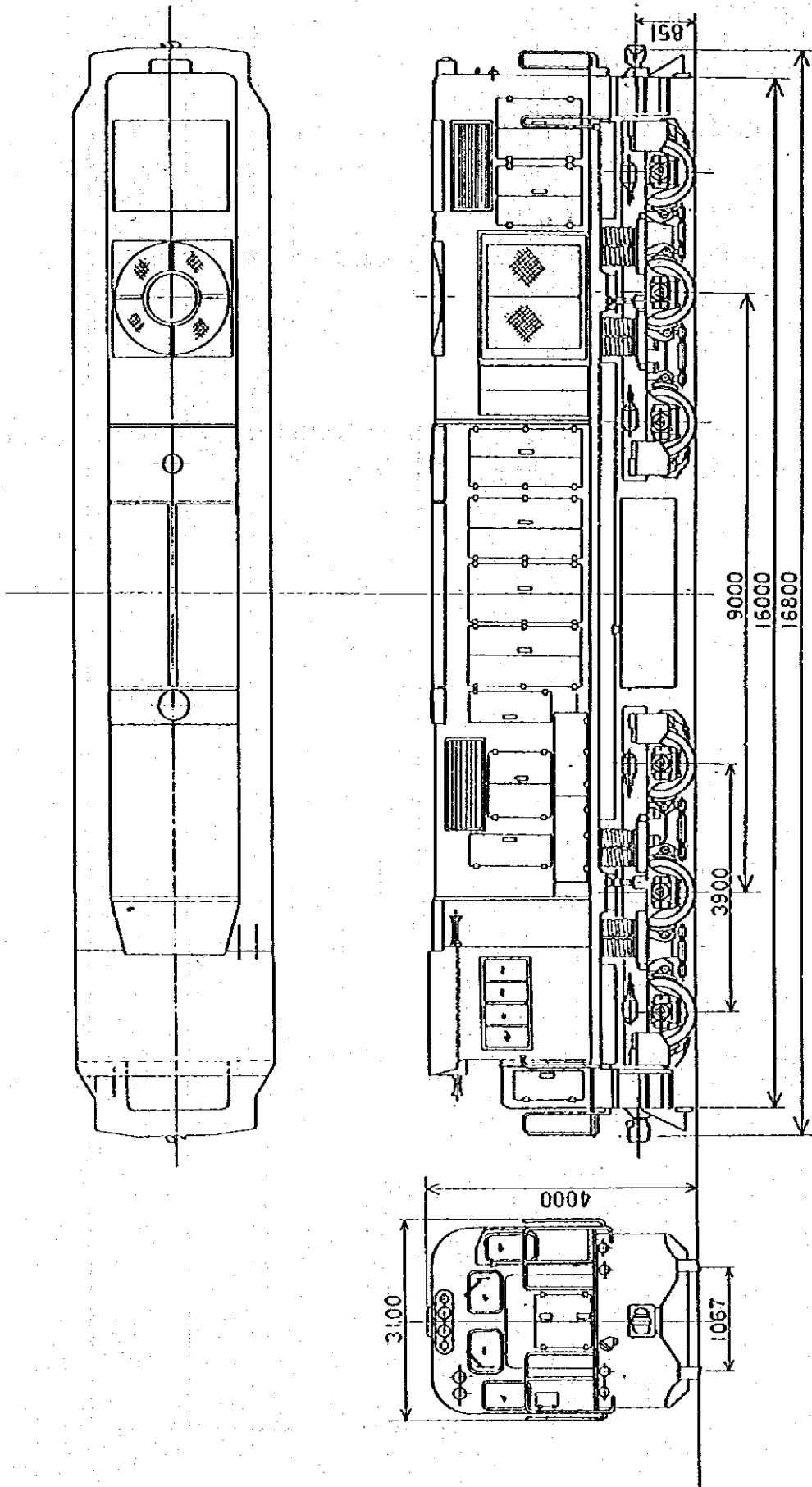


図 4.1 電気式ディーゼル機関車形式図

4-4 実施計画

1) 工事区分

今回の機関車製作に関して、詳細設計(D/D)から製作(車載無線装置取付を含む)、ポートスーダン迄の輸送、陸上げ迄を日本側が負担するものとする。また取扱い指導のため日本から派遣する技術者についても日本側負担とする。

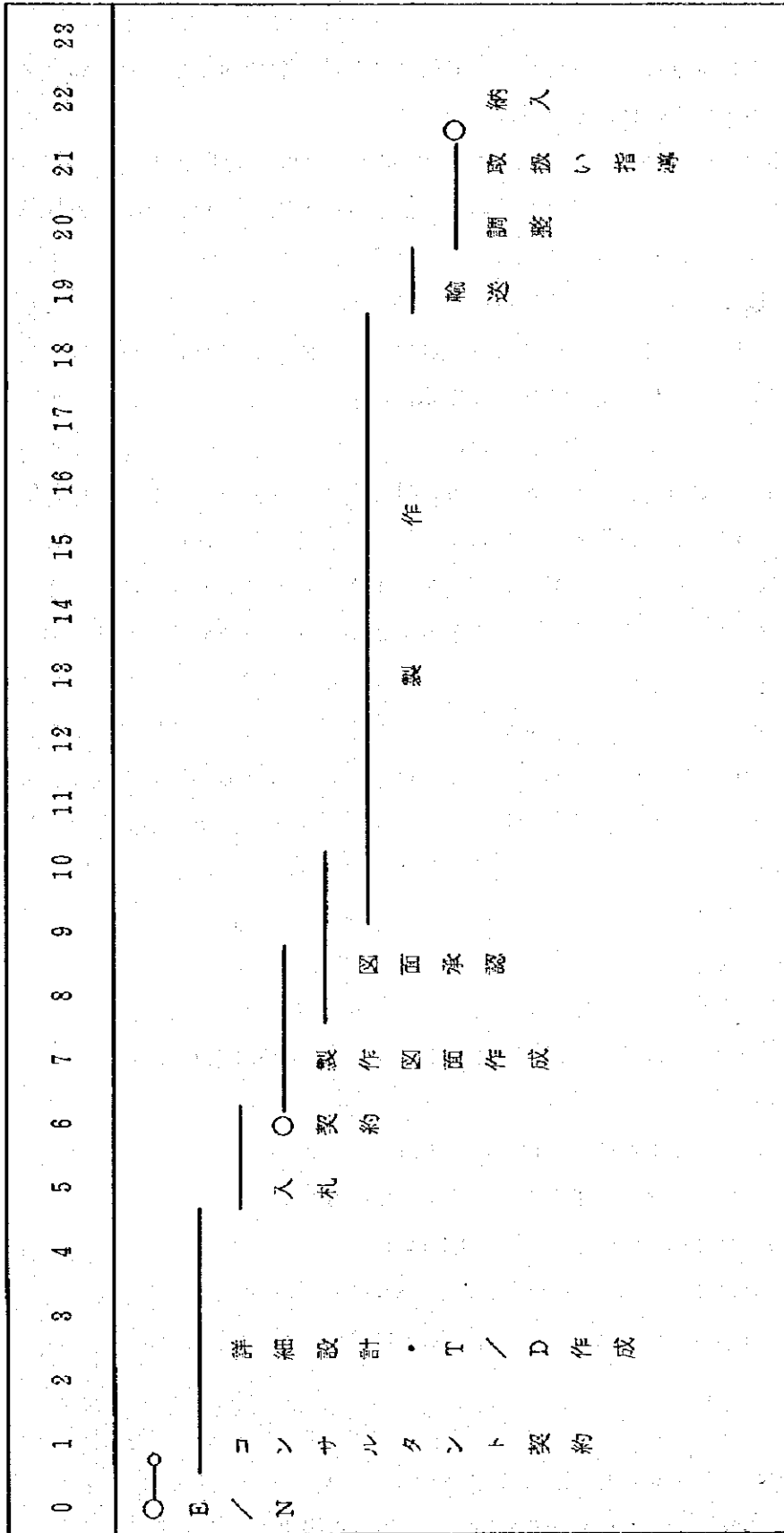
スーダン側は、機関車の陸上げ後回送等に必要な燃料、運転士を含む作業員、その他必要な機器を負担するものとする。

2) 実施スケジュール

E/N後のD/D、入札図書(T/D)の作成から機関車製作、取扱い指導、納入などの実施スケジュールは表4.2のとおりである。

表 4.2 実施スケジュール

単位・・・月



4-5 維持管理上の課題

本計画の実行に当っては、スーダン国各機関における責任体制を確立し相互に作業ミスや遅れを出したりする事のない様にしなければならない。

車両はSRCへ所属することになるが、その運用を他の列車と混用して燃料輸送に支障を来すことのない様、また保守、特に材料費の確保を十分に行ない、現状のような低い稼働率になることのない様十分注意を要する。

車両、特に機関車の運用計画を明確にし、効率的に使用する事が非常に大切な課題である。

ディーゼル機関車の保守について言及すれば、一般的にも材料の確保と保守技術の向上が大きな課題であるが、中でも多量の砂埃と高温の悪環境下にあるスーダンにおいては、より重要な課題である。

日本国鉄における類似のディーゼル機関車は、保守用の材料費として、新製価格の約3%を使用している。悪環境下にあるスーダンにおいては、少くともこれ以上の材料準備が必要である。

主な取替材料としては、エンジン、圧縮機、基礎ブレーキ装置などにおける摩耗部品、パッキン類、検査時発見されるその他不良品などであるが、潤滑油の計画的交換も非常に大切である。

また解体、検査時における洗浄と、組立時における防埃対策についても十分配慮する必要がある。このためには作業場の清掃、軸受・エンジン組立てのための防埃室の確保が望まれる。

技術力の向上については、車両配属時およびその後の計画的継続的な教育が必要である。さらに、事故や故障に対する責任体制の確立と業務に対する意欲向上策が重要である。本プロジェクトに要する維持管理費はスーダン国の実情により検討すべきであり、ここでは明確な数字の計算は困難であるが、ディーゼル機関車に対して大略以下のようなになる。

(a) 燃料費

単位燃料消費量を $180\text{g}/\text{HP}\cdot\text{h}$ とするとポートスーダン→カルツームは

$$180\text{g}/\text{HP}\cdot\text{h} \times (3,300\text{HP} \times 4.3\text{h} + 1,000\text{HP} \times 14.7\text{h}) = 5.2\text{t}$$

カルツーム→ポートスーダンは

$$180\text{g}/\text{HP}\cdot\text{h} \times 500\text{HP} \times 14.7\text{h} = 1.32\text{t}$$

水力事情が平年並の場合は年間220往復するので

$$(5.2\text{t} + 1.32\text{t}) \times 220\text{回/年} = 1,434\text{t/年}$$

1t当りの単価をLS 640とし、また潤滑油等の経費を15%として

$$640\text{LS/t} \times 1,434\text{t/年} \times 1.15 = 1,060 \times 10^3\text{LS/年}$$

となる。

(b) 保守費

保守費は一般的には年間、新製価格の6%程度が必要である。

新製価格を1両US\$ $1,200 \times 10^3$ (英国報告書より) とすると

$$\text{US\$ } 1,200 \times 10^3 \times 2.43 \times 0.06 \times 10\text{両} = \text{LS } 1,750 \times 10^3\text{ と}$$

(但し、US\$1=LS 2.43……1985年10月14日現在)

なお、このうち約1/2は予備品購入費として確保する必要がある。砂埃が多く故障が発生し易いスーダンの実情を考えた場合、さらに余裕をもった保守費の確保が必要であろう。

(c) 乗務員の賃金

必要な乗務員の数は3-3章 6) 項より129名となる。SRCの1人当り人件費を2,000 LS/年、乗務旅費や残業の賃金を50%とすると

$2,000 \text{ LS} \times 129 \text{ 人} \times 1.5 = 387 \times 10^3 \text{ LS/年}$ となる。

4-6 事業費の概要

日本側が負担する事業費は1985年12月時点の価格を基準として算出する。

積算の対象としては、車載無線装置を含むディーゼル機関車6両分とし、その総計は2,147,659千円となる。

第 5 章 事業評価

第5章 事業評価

燃料輸送は火力発電にとっては必須の事柄であり、また電力は産業及び国民生活上最も重要なエネルギー源の一つである。従って、本プロジェクトの実施は、スーダンにとって緊急かつ重要性が高い。スーダンは外貨が不足しており、この外貨収入を得るための農産物生産用灌漑ポンプ、なめし皮工場、織物工場などの動力源としての観点からも、電力供給の強化は極めて重要である。

以下本計画による燃料輸送が、NEC、SRCに及ぼす効果、輸送コストについて検討し、さらに自動車輸送と比較した場合の評価について述べる。

5-1 NECに及ぼす効果

NECにとっては、火力発電のための燃料輸送は不可欠の課題であり、必要量をいかに安定的に、低コストで輸送するかが電力の安定供給と低廉化に大きく影響する。

この燃料輸送プロジェクトの完成により、NECとしては輸送コストの安い燃料を安定して確保する事ができ、さらに輸送設備の拡充により輸送量を増加し、将来の電力増強の展開を可能ならしめることになる。

5-2 SRCに及ぼす効果

SRCの輸送量は旅客に比べて貨物の方が圧倒的に多く、1982/83年度の貨物収入は全収入の約80%になっている。しかしこの貨物も輸送量は、年々減少して1983/84年度は5年前の1979/80年度の42% ($t \cdot Km$) に迄減少している。

本計画の1988/89年度の予測輸送量は、水力事情が平年並の場合でも $198 \times 10^3 t \times 787 Km = 156 \times 10^6 t \cdot Km/年$ となり、この値は1983/84年度のSRC全輸送実績 $836 \times 10^6 t \cdot Km$ の20%近くにもなる。

この様に、本計画のような大量の燃料輸送の実施は、経営が悪化しつつあるSRCにとっても、またとない経営改善の機会になる。現在のポートスーダンからカルツーム迄の燃料運賃159 LS/tを適用した場合、これによるSRCの年間収入は、水力事情が平年並の場合で

$$159 \text{ LS/t} \times 198 \times 10^3 t = \text{LS } 31.5 \times 10^6$$

となる。

これは、SRCの1982/83年度の貨物収入の約半分、全収入の38%に相当する。

本計画の燃料輸送では、大量輸送による効率向上に伴ない、運賃もそれに合わせて低くする必要があると考えられるが、その場合でもこれによる収入はSRCの経営にとって大きな比率を占めることになるであろう。

5-3 輸送コスト

輸送のための経費としては、設備の初期投資費（減価償却費）、設備の維持費、機関車の動力費（燃料）、人件費、管理費などがある。これらを正確に計算する事は難しいが、英国報告書も引用しながら検討すれば以下のとおりである。

〔US\$ 1 = ¥ 215.9 = LS 2.43 (1985年10月14日)とする〕

1) 初期投資費

初期投資が必要なものとしては、車両、軌道、信号、駅などがあるが、車両のみ新製、他は既存のものを使うものとする。

車両費は表 5.1 のように仮定する。

表 5.1 車両費

| 車種 | 単価* | 数量 | 総価 |
|------------------|--|------|-------------------------|
| ディーゼル機関車 | US\$1,615×10 ³ = LS 392×10 ⁶ | 10両 | LS 392×10 ⁶ |
| タンク車 | US\$ 80×10 ³ = LS 194×10 ⁶ | 130両 | LS 252×10 ⁶ |
| Manama+Brake Van | US\$ 95×10 ³ = LS 231×10 ⁶ | 5セット | LS 12×10 ⁶ |
| 入換機関車 | US\$ 750×10 ³ = LS 1.82×10 ⁶ | 2両 | LS 3.6×10 ⁶ |
| | | 計 | LS 69.2×10 ⁶ |

* 車両の単価は英国報告書による。（予備品や輸送の費用を含む）

これらの車両は償却期間 $n = 20$ 年、利息を年 $r = 0.08$ とすると

1年当りの償却（返済）経費 N は

$$N = \frac{rA(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} = \frac{0.08 \times 69.2 \times 10^6 (1+0.08)^{20}}{(1+0.08)^{20} - 1}$$

$$= 7.05 \times 10^6 \text{ LS/年}$$

となる。但し、解体費を考慮して、残余価格は 0 とする。

2) 動力費

本線用機関車の使用燃料は 4 - 5 章より 1,434 t/年とみなされる。

入換機関車の使用燃料は英国報告書より 22.5 t/年、軽油の価格は 640 LS/t であり、又潤滑油等の経費を 15% と考えて、年間の燃料費は

$$640(1,434 + 22.5) \times 1.15 = 1.07 \times 10^6 \text{ LS/年 となる。}$$

3) 乗務員の人件費

燃料輸送列車の必要乗務員数は3-3章6)より、129名とみなされる。入換要員はポートスーダン、カルツームで各2名を3交代で勤務させる(4組)とし、又出勤率を0.9とすると、

$$4 \text{ 名} \times 4 \div 0.9 = 18 \text{ 名}$$

従って、計147名(129+18)必要とする。

SRCの1人当りの人件費は約2,000 LS/年であるが、これに乗務旅費や残業賃金などを50%と仮定して

$$2,000 \text{ LS/人} \cdot \text{年} \times 147 \text{ 人} \times 1.5 = 0.441 \times 10^6 \text{ LS/年}$$

4) 車両保守費

車両保守費として、英国の報告書では、本線機関車は購入価格の6%、タンク車その他は3%としている。この方法によると、年間の保守費は以下ようになる。(車両単価は英国報告書による)

$$\text{本線用機関車 US\$ } 1,200 \times 10^3 \times 10 \text{ 両} \times 0.06 \times 2.43 = \text{LS } 1,750 \times 10^3$$

$$\text{入換用機関車 US\$ } 750 \times 10^3 \times 2 \text{ 両} \times 0.03 \times 2.43 = \text{LS } 109 \times 10^3$$

$$\text{タンク車 US\$ } 65 \times 10^3 \times 130 \text{ 両} \times 0.03 \times 2.43 = \text{LS } 616 \times 10^3$$

$$\text{Manama 等 US\$ } 95 \times 10^3 \times 5 \text{ セット} \times 0.03 \times 2.43 = \text{LS } 34.6 \times 10^3$$

$$\text{計} = 2.51 \times 10^6 \text{ LS/年}$$

この中で本線用ディーゼル機関車の場合、日本国鉄では類似の形式の保守費は2,000万円/両・年、つまり1両当り 230×10^3 LS/年程度であるが、上記の値は人件費の違いなどを考慮すると、ほぼ妥当なものと考えられる。

5) その他経費

その他の経費として軌道、信号、駅等の地上設備およびそれらの保守、駅等の要員、管理・技術要員、ローンの返済費等がある。

これらは燃料輸送以外の輸送とも共用し、正確には把握し難いので英国報告書の数字を使用する。

これらは以下のようになっている。

$$\text{軌道等及びそれらの保守} \quad 2.03 \times 10^6 \text{ LS/年}$$

$$\text{輸送} \quad 1.813 \times 10^6 \text{ LS/年}$$

$$\text{管理・技術} \quad 1.26 \times 10^6 \text{ LS/年}$$

$$\text{ローン返済} \quad 0.715 \times 10^6 \text{ LS/年}$$

$$\text{その他経費 計} \quad 5.82 \text{ LS/年}$$

6) 総合経費

以上を総合すると、燃料輸送のためのSRCの経費は以下ようになる。

| | | |
|------------|---------------------|------|
| 初期投資(車両関係) | 7.05×10^6 | LS/年 |
| 動力費 | 1.07×10^6 | LS/年 |
| 乗務員人件費 | 0.441×10^6 | LS/年 |
| 車両保守費 | 2.51×10^6 | LS/年 |
| その他 | 5.82×10^6 | LS/年 |
| 合計 | 16.9×10^6 | LS/年 |

これを年間輸送量(水力事情が平年並の場合)の 198×10^3 tで割ると、ポートスーダンからカルツーム迄の1t当りの輸送コストは、約LS 85となる。

これらのコストはスーダン国およびSRCの状況や施策をさらに詳細に分析して決定すべきであるが、現行運賃159 LS/tに比べて相当低いコストでの輸送が可能となることを示している。